

UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

Departamento de Estatística e Investigação Operacional



**Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos – Um Caso  
de Estudo na Península de Setúbal**

André Gorjão Clara Charters d' Azevedo

Trabalho de Projeto

Mestrado em Gestão de Informação

Especialização em Sistemas de Informação

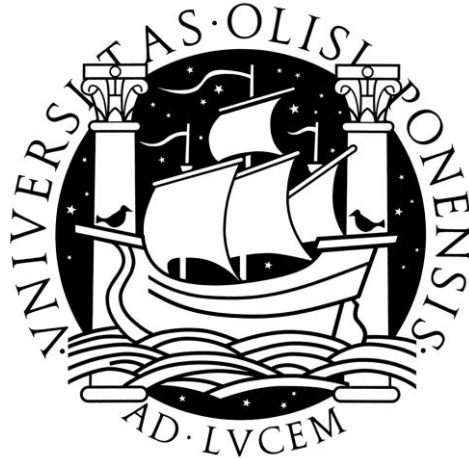
2012



UNIVERSIDADE DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

Departamento de Estatística e Investigação Operacional



**Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos – Um Caso  
de Estudo na Península de Setúbal**

André Gorjão Clara Charters d' Azevedo

Trabalho de Projeto orientado por:

Prof. Doutor João Miguel Paixão Telhada

Mestrado em Gestão de Informação

Especialização em Sistemas de Informação

2012



## Resumo

O objetivo do projeto consiste no desenvolvimento de um modelo e de um protótipo de um sistema de informação que disponibilize uma forma de gerir as rotas de recolha seletiva dos resíduos no grupo Águas de Portugal (AdP).

O Grupo AdP é responsável pelas áreas de negócio Águas e Resíduos, sendo esta última o foco do projeto. Para este efeito o estudo assenta sobre a informação disponibilizada pela empresa Amarsul responsável pela gestão dos resíduos produzidos na zona relativa à margem sul do Tejo (capítulo 1).

Um requisito considerado essencial incide no facto de a solução apresentada não implicar qualquer tipo de investimento (capítulo 2).

O primeiro passo do projeto consiste na obtenção e análise dos dados suporte de todo o trabalho (capítulo 3). Seguidamente, desenvolve-se um modelo simples de previsão mensal do número médio de dias de enchimento de cada ecoponto, constituindo uma base para a otimização das rotas de recolha (capítulo 4).

O passo seguinte assenta no desenvolvimento e implementação de um modelo e de um painel de gestão de rotas de recolha seletiva, utilizando-se para esse efeito o algoritmo de otimização *Clarke and Wright* (capítulos 5 e 6).

No capítulo subsequente analisa-se o comportamento do sistema desenvolvido e estudam-se os respetivos dados produzidos com base na realização de diversas simulações (capítulo 7).

Já numa fase final do trabalho é elaborada uma prova de valor comparando os valores reais observados com os dados obtidos pelo novo sistema de informação, confirmando desta forma a mais-valia do novo modelo desenvolvido (capítulo 8).

Por fim, apresenta-se uma breve análise relativa à forma como se poderá aferir a aderência à realidade do modelo desenvolvido (capítulo 9).

O trabalho termina com a apresentação de diversas propostas de melhoria a realizar no futuro (capítulo 10).

Palavras-chave: Rotas de recolha de resíduos, Ecopontos, SAP, AdP, Otimização, Clarke And Wight.

## **Abstract**

The main goal of this project is to deliver a model and a prototype of an information system that provides a way to manage the waste collection routes in the Águas de Portugal Group (AdP).

AdP group is responsible for the following two business areas: Water and Waste. The Waste area is the project focus. All the study is based on the data provided by the company Amarsul who manages waste produced in the south bank of the Tagus River (chapter 1).

The most important project requisite is that all the solution must not require any kind of investments (chapter 2).

The project first step consists in the collection and analysis of the data provided by Amarsul (chapter 3). Afterwards, a simple predicted model is created for each waste storage equipment (recycleBank). The goal of this model is to provide a predictive number of days it will take for each recyclebank to reach full capacity (chapter 4).

The next step comprises a development and an implementation of a route management board, using the optimization algorithm Clarke and Wright (chapters 5 and 6).

To check if the developed system is working as expected, several simulations are run in order to analyze its behavior and also to check the system output (chapter 7).

By the end of the work, a value proof is made to compare the results of the current model with the values obtained by the developed information system, in order to confirm the added value of the new developed model (chapter 8).

At last, a brief analysis is presented on how the adherence to reality of the developed model can be measured (chapter 9).

The work ends with the presentation of several improvement proposals to be undertaken in the future (chapter 10).

**Keywords:** Waste collection routes, RecycleBank, SAP, AdP, Otimization, Clarke And Wight.

# Índice

Agradecimentos .....	ix
1 Introdução.....	1
1.1 Âmbito e objetivos do projeto .....	8
1.2 Estruturação do projeto – Work Breakdown Structure .....	10
2 <i>Softwares</i> utilizados .....	12
2.1 Excel .....	12
2.2 SAP .....	13
2.3 Google.Maps .....	16
3 Análise dos dados fornecidos pela empresa Amarsul .....	17
3.1 Enquadramento do processo de recolha e transporte dos resíduos.....	18
3.2 Ficheiro: lista dos ecopontos existentes .....	19
3.3 Ficheiro: Lista das viaturas existentes de recolha dos resíduos dos ecopontos.....	23
3.4 Ficheiro: Lista das caixas utilizadas pelas várias viaturas .....	23
3.5 Ficheiro: Lista das recolhas efetuadas .....	23
3.6 Ficheiro: Lista com peso líquido recolhido nos vários turnos de recolha .....	24
3.7 Ficheiro: Custos da mão-de-obra que intervém no processo de recolha.....	24
4 Previsão do enchimento dos ecopontos.....	25
4.1 Criação da base de dados .....	25
4.2 Carregamento inicial dos dados.....	30
4.3 Cálculo do tempo médio de enchimento dos vários ecopontos .....	32
4.3.1 Programa de cálculo do tempo médio (em dias) previsto de enchimento dos ecopontos com base nas recolhas .....	33
4.4 Resultado final da previsão do número de dias para o enchimento dos ecopontos .....	38
5 Problema de otimização de rotas de veículos (VRP) .....	39
5.1 Formulação – Problema VRP com restrição de capacidade (CVRP) .....	41
5.1.1 Grafos.....	41
5.1.2 Custos.....	43
5.1.3 Quantidades (previstas) a recolher.....	44
5.1.4 Veículos .....	45

5.1.5	Recursos humanos .....	46
5.1.6	Tempo de deslocação .....	47
5.1.7	Rotas .....	49
5.2	Formulação matemática .....	50
5.3	Heurística Adotada – Clarke and Wright Savings Algorithm.....	53
5.4	Clarke and Wright Savings Algorithm – Apresentação de exemplo .....	55
6	Implementação da aplicação .....	64
6.1	Obtenção de informação das distâncias e tempos de deslocação entre ecopontos .....	64
6.2	Implementação da heurística .....	71
6.2.1	Template da modelação em UML.....	72
6.2.2	Classe Ecoponto (ZCL_TM_ECOPONTO) .....	74
6.2.3	Classe Arco (ZCL_TM_ARCO).....	76
6.2.4	Classe Rota (ZCL_TM_ROTA).....	78
6.2.5	Classe Junção de Rotas (ZCL_TM_JUNCAO_ROTAS).....	83
6.2.6	Classe Controlador (ZCL_TM_CTR_CLARKE_WRIGHT).....	91
6.2.7	Modelação UML integrada .....	97
6.2.8	Programa principal (ZGERTM_CLARKE_WRIGHT_OBJ).....	99
6.3	Implementação do painel de gestão das rotas (ZGETM_PAINEL) .....	106
6.3.1	Ecrã inicial .....	106
6.3.2	Ecrã principal.....	107
6.3.3	Aprovação de uma rota.....	114
6.3.4	Confirmar realização de uma rota .....	118
6.3.5	Aspetos técnicos relativos à implementação do painel.....	119
6.4	Desenho geral da aplicação .....	126
7	Simulações e respetivas análises através do painel de gestão das rotas .....	128
7.1	Simulação 1 - 50% .....	130
7.2	Simulação 2 – 75% .....	134
7.3	Simulação 3 – Exemplos de ajustamentos manuais .....	137
7.3.1	Otimizar turno.....	137
7.3.2	Distribuir de forma uniforme as recolhas pela semana.....	139
7.4	Simulação 4 – novo ecoponto.....	140
8	Prova de valor .....	143



8.1	Tratamento e obtenção dos dados reais .....	144
8.1.1	Processo técnico de obtenção dos dados reais .....	145
8.1.2	Síntese dos dados reais obtidos.....	148
8.2	Implementação de validação para evitar grandes deslocações .....	149
8.2.1	Simulações para análise da mais-valia da validação.....	151
8.3	Obtenção dos dados de simulações.....	156
8.4	Comparação dos dados obtidos.....	157
9	Análise da aderência à realidade .....	162
9.1	Medidas para aferir a aderência do modelo à realidade.....	162
9.2	Aderência à realidade da estimativa do nível enchimento dos ecopontos.....	167
10	Oportunidades de Melhoria e ações futuras .....	168
11	Conclusões .....	170
12	Referências bibliográficas .....	173
13	Anexos.....	175
13.1	Classes.....	175

## Lista de Figuras

FIGURA 1.1: MAPA COM INDICAÇÃO DA ÁREA DE AÇÃO DA EMPRESA AMARSUL .....	1
FIGURA 1.2: FLUXOS DOS DOIS PROCESSOS PRODUTIVOS.....	2
FIGURA 1.3: MESA DE TRIAGEM .....	3
FIGURA 1.4: ATERRO DO SEIXAL.....	4
FIGURA 1.5: MAPA COM CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS INFRAESTRUTURAS DA RESPONSABILIDADE DA EMPRESA AMARSUL .....	4
FIGURA 1.6: ORGANOGRAMA DO GRUPO AdP.....	6
FIGURA 1.7: FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO PROJETO .....	8
FIGURA 1.8: ESTRUTURAÇÃO DO PROJETO.....	11
FIGURA 2.1: GRÁFICO CARACTERIZADOR DA COTA DE MERCADO DOS DIVERSOS FORNECEDORES DE ERPS.....	13
FIGURA 2.2: FIGURA ILUSTRATIVA DO RANKING DO ERP SAP .....	14
FIGURA 3.1: ILUSTRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS ECOPONTOS .....	19
FIGURA 3.2: APRESENTAÇÃO DE UM EQUIPAMENTO DO TIPO PETÃO .....	20
FIGURA 3.3: ILUSTRAÇÃO COM EXEMPLO DE UMA RECOLHA A PEDIDO .....	20
FIGURA 4.1: REPRESENTAÇÃO TÉCNICA DA TABELA SAP REFERENTE AO DADOS DOS ECOPONTOS .....	26
FIGURA 4.2: REPRESENTAÇÃO TÉCNICA DA TABELA SAP REFERENTE AOS REGISTOS DAS RECOLHAS EFETUADAS .....	27
FIGURA 4.3: REPRESENTAÇÃO TÉCNICA DA TABELA SAP CONTENDO REGISTOS COM O NÚMERO DE DIAS DE ENCHIMENTO MÉDIO MENSAL .....	28
FIGURA 4.4: ESQUEMA RELACIONAL DA BASE DE DADOS REFERENTE À IMPLEMENTAÇÃO INFORMÁTICA DO MODELO DE PREVISÃO DO NÍVEL DE ENCHIMENTO DOS ECOPONTOS.....	29
FIGURA 4.5: ECRÃ INICIAL REFERENTE AO PROGRAMA PARA CARREGAMENTO DOS ECOPONTOS.....	30
FIGURA 4.6: EXEMPLO DE UM REGISTO COM DADOS RELATIVOS A UM ECOPONTO .....	30
FIGURA 4.7: ECRÃ INICIAL REFERENTE AO PROGRAMA DE CARREGAMENTO DAS RECOLHAS NO SAP .....	31
FIGURA 4.8: EXEMPLO DE UM REGISTO DE UMA RECOLHA EM SAP .....	31
FIGURA 4.9: EXEMPLO DE UM REGISTO NA TABELA DE RECOLHAS COM A INDICAÇÃO DO NÚMERO DE DIAS OCORRIDO DESDE A ÚLTIMA RECOLHA .....	34
FIGURA 4.10: EXEMPLO DE UM REGISTO NA TABELA REFERENTE À PREVISÃO MENSAL CORRESPONDENTE AO NÚMERO DE DIAS ESTIMADO PARA ESGOTAR A CAPACIDADE DO ECOPONTO .....	35
FIGURA 4.11: EXEMPLO DO RELATÓRIO QUE CONTÉM A LISTA COM O NÚMERO MÉDIO MENSAL DE DIAS DE ENCHIMENTO DE CADA ECOPONTO .....	38
FIGURA 5.1: GRAFO COMPLETO COM $V = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$ ONDE 0 CORRESPONDE À SEDE .....	42
FIGURA 5.2: EXEMPLO DE JUNÇÃO DE DUAS ROTAS.....	54
FIGURA 5.3: GRAFO OBTIDO DE ACORDO COM AS DUAS ROTAS GERADAS.....	62
FIGURA 6.1: PÁGINA DO <i>GOOGLE.MAPS</i> COM EXEMPLO DE DADOS REFERENTES À DISTÂNCIA ENTRE DOIS ECOPONTOS .....	65
FIGURA 6.2: REPRESENTAÇÃO TÉCNICA DA TABELA SAP QUE CONTÉM OS REGISTOS REFERENTES À DISTÂNCIA E TEMPO DE DESLOCAÇÃO ENTRE CADA PAR DE ECOPONTOS.....	66
FIGURA 6.3: EXEMPLO DA INFORMAÇÃO OBTIDA ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA FUNÇÃO “HTTP GET” .....	69
FIGURA 6.4: EXEMPLO DE UM REGISTO REFERENTE À DISTÂNCIA E TEMPO DE DESLOCAÇÃO ENTRE DOIS ECOPONTOS.....	70
FIGURA 6.5: NOTAÇÃO ADOTADA PARA A MODELAÇÃO UML .....	72
FIGURA 6.6: FLUXOGRAMA RELATIVO AO ALGORITMO QUE REVERTE ROTAS .....	82
FIGURA 6.7: EXEMPLO DE DUAS ROTAS A CONCATENAR .....	83
FIGURA 6.8: EXEMPLO DE DUAS ROTAS CONCATENADAS .....	83
FIGURA 6.9: EXEMPLO DE DUAS ROTAS A CONCATENAR, SENDO QUE A PRIMEIRA TERÁ DE SER INVERTIDA .....	86
FIGURA 6.10: EXEMPLO DE DUAS ROTAS A CONCATENAR, SENDO QUE A PRIMEIRA FOI INVERTIDA .....	87

FIGURA 6.11: EXEMPLO DE DUAS ROTAS A CONCATENAR, SENDO QUE A SEGUNDA TERÁ DE SER INVERTIDA .....	87
FIGURA 6.12: EXEMPLO DE DUAS ROTAS A CONCATENAR, SENDO QUE A SEGUNDA FOI INVERTIDA .....	88
FIGURA 6.13: EXEMPLO DE DUAS ROTAS A CONCATENAR, SENDO QUE SERÃO SUJEITAS A UMA TROCA DE POSIÇÕES .....	88
FIGURA 6.14: EXEMPLO DE DUAS ROTAS A CONCATENAR, SENDO QUE FOI EFETUADA UMA TROCA DE POSIÇÕES .....	89
FIGURA 6.15: EXEMPLO DE DUAS ROTAS A CONCATENAR, SENDO QUE NÃO SERÁ NECESSÁRIO QUALQUER AJUSTAMENTO .....	89
FIGURA 6.16: FLUXOGRAMA EXPLICATIVO DO ALGORITMO “PREPARAR_JUNÇÃO” .....	90
FIGURA 6.17: FLUXOGRAMA EXPLICATIVO DO PROCESSO ASSOCIADO COM A JUNÇÃO DE DUAS ROTAS.....	96
FIGURA 6.18: MODELAÇÃO UML INTEGRADA .....	98
FIGURA 6.19: ECRÃ INICIAL RELATIVO AO PROGRAMA DE APLICAÇÃO DO ALGORITMO <i>CLARKE AND WRIGHT</i> .....	99
FIGURA 6.20: LISTA DA INFORMAÇÃO DOS ECOPONTOS E PREVISÃO DOS RESPECTIVOS NÍVEIS DE ENCHIMENTO RELATIVO AO PROGRAMA DE APLICAÇÃO DO ALGORITMO <i>CLARKE AND WRIGHT</i> .....	100
FIGURA 6.21: REGISTO DE UM ECOPONTO A APRESENTAR RESPECTIVO DETALHE VIA <i>GOOGLE.MAPS</i> , RELATIVO AO PROGRAMA DE APLICAÇÃO DO ALGORITMO <i>CLARKE AND WRIGHT</i> .....	100
FIGURA 6.22: EXEMPLO DE ECRÃ DO <i>GOOGLE.MAPS</i> COM A LOCALIZAÇÃO DE UM ECOPONTO, RELATIVO AO PROGRAMA DE APLICAÇÃO DO ALGORITMO <i>CLARKE AND WRIGHT</i> .....	101
FIGURA 6.23: LISTA DOS SAVINGS, RELATIVO AO PROGRAMA DE APLICAÇÃO DO ALGORITMO <i>CLARKE AND WRIGHT</i> .....	102
FIGURA 6.24: REGISTO COM PERCURSO ENTRE DOIS ECOPONTOS COM VISTA À APRESENTAÇÃO DE RESPECTIVO DETALHE VIA <i>GOOGLE.MAPS</i> , RELATIVO AO PROGRAMA DE APLICAÇÃO DO ALGORITMO <i>CLARKE AND WRIGHT</i> .....	103
FIGURA 6.25: MAPA <i>GOOGLE.MAPS</i> COM APRESENTAÇÃO DO DETALHE REFERENTE AO PERCURSO ENTRE DOIS ECOPONTOS, RELATIVO AO PROGRAMA DE APLICAÇÃO DO ALGORITMO <i>CLARKE AND WRIGHT</i> .....	103
FIGURA 6.26: ECRÃ COM REPRESENTAÇÃO DAS VÁRIAS CONCATENAÇÕES DE ROTAS, RELATIVO AO PROGRAMA DE APLICAÇÃO DO ALGORITMO <i>CLARKE AND WRIGHT</i> .....	104
FIGURA 6.27: ECRÃ COM REPRESENTAÇÃO DAS VÁRIAS CONCATENAÇÕES DE ROTAS COM APRESENTAÇÃO DO DETALHE DE UMA DETERMINADA JUNÇÃO DE ROTAS, RELATIVO AO PROGRAMA DE APLICAÇÃO DO ALGORITMO <i>CLARKE AND WRIGHT</i> .....	104
FIGURA 6.28: ECRÃ COM REPRESENTAÇÃO DAS VÁRIAS CONCATENAÇÕES DE ROTAS COM APRESENTAÇÃO DO DETALHE DE UMA DETERMINADA JUNÇÃO DE ROTAS E RESPECTIVOS ARCOS, RELATIVO AO PROGRAMA DE APLICAÇÃO DO ALGORITMO <i>CLARKE AND WRIGHT</i> .....	105
FIGURA 9.29: MAPA <i>GOOGLE.MAPS</i> COM APRESENTAÇÃO DE UMA DETERMINADA ROTA, RELATIVO AO PROGRAMA DE APLICAÇÃO DO ALGORITMO <i>CLARKE AND WRIGHT</i> .....	105
FIGURA 6.30: ECRÃ INICIAL RELATIVO AO PAINEL PARA GESTÃO DAS RECOLHAS .....	106
FIGURA 6.31: ECRÃ PRINCIPAL RELATIVO AO PAINEL PARA GESTÃO DAS RECOLHAS .....	107
FIGURA 6.32: FUNCIONALIDADES DISPONÍVEIS A NÍVEL DO ECRÃ PRINCIPAL DO PAINEL PARA GESTÃO DAS RECOLHAS .....	108
FIGURA 6.33: INFORMAÇÃO DISPONÍVEL NO CABEÇALHO DO PAINEL PARA GESTÃO DAS RECOLHAS.....	108
FIGURA 6.34: ÁREA PRINCIPAL DO PAINEL PARA GESTÃO DAS RECOLHAS .....	110
FIGURA 6.35: EXEMPLO DE RESULTADOS OBTIDOS NO PAINEL PARA GESTÃO DAS RECOLHAS .....	111
FIGURA 6.36: DETALHE DE UMA ROTA NO PAINEL PARA GESTÃO DAS RECOLHAS .....	112
FIGURA 6.37: MAPA <i>GOOGLE.MAPS</i> COM A APRESENTAÇÃO DE UMA ROTA GERADA A PARTIR DO PAINEL PARA GESTÃO DAS RECOLHAS .....	112
FIGURA 6.38: MAPA <i>GOOGLE.MAPS</i> COM A APRESENTAÇÃO DE UM ARCO ASSOCIADO A UMA ROTA GERADA A PARTIR DO PAINEL PARA GESTÃO DAS RECOLHAS .....	113
FIGURA 6.39: LISTA RESUMO DO PAINEL PARA GESTÃO DAS RECOLHAS .....	113
FIGURA 6.40: LISTA COM ROTAS POR APROVAR DO PAINEL PARA GESTÃO DAS RECOLHAS .....	114
FIGURA 6.41: ECRÃ DE APROVAÇÃO DE UMA ROTA DO PAINEL PARA GESTÃO DAS RECOLHAS.....	115
FIGURA 6.42: FICHEIRO EXCEL CORRESPONDENTE À “FOLHA DE SERVIÇO” GERADO PELO PAINEL PARA GESTÃO DAS RECOLHAS .....	116
FIGURA 6.43: LISTA COM INDICAÇÃO DE APROVAÇÃO DE UMA ROTA NO PAINEL PARA GESTÃO DAS RECOLHAS.....	117
FIGURA 6.44: CONFIRMAÇÃO DA REALIZAÇÃO DE ROTA NO PAINEL PARA GESTÃO DAS RECOLHAS.....	118

FIGURA 6.45: REPRESENTAÇÃO TÉCNICA DA TABELA SAP REFERENTE ÀS RECOLHAS REAIS - CABEÇALHO .....	121
FIGURA 6.46: REPRESENTAÇÃO TÉCNICA DA TABELA SAP REFERENTE ÀS RECOLHAS REAIS - ITEM .....	122
FIGURA 6.47: ESQUEMA RELACIONAL DA BASE DE DADOS RELATIVO AO REGISTO DOS DADOS PLANEADOS E REAIS ASSOCIADOS ÀS RECOLHAS .....	123
FIGURA 6.48: ARQUITETURA DO SISTEMA .....	126
FIGURA 7.1: LISTA DE ROTAS OBTIDAS NA SIMULAÇÃO 1 .....	130
FIGURA 7.2: FREQUÊNCIAS DOS ECOPONTOS INCLUÍDOS NAS ROTAS EM CADA DIA DA SEMANA, OBTIDAS NA SIMULAÇÃO 1 .....	132
FIGURA 7.3: FREQUÊNCIAS DOS ECOPONTOS INCLUÍDOS NAS ROTAS EM CADA DIA DA SEMANA, OBTIDAS NA SIMULAÇÃO 1 .....	135
FIGURA 7.4: LISTA DE ROTAS OBTIDAS NA SIMULAÇÃO 3 .....	137
FIGURA 7.5: LISTA DE ROTAS OBTIDAS NA SIMULAÇÃO 3 COM AJUSTAMENTO DO PARÂMETRO CORRESPONDENTE AO LIMITE PARA A RECOLHA .....	138
FIGURA 7.6: LISTA DE ROTAS OBTIDAS NA SIMULAÇÃO 3 COM AJUSTAMENTO ATRAVÉS DA INCLUSÃO DE NOVOS ECOPONTOS .....	138
FIGURA 8.1: REPRESENTAÇÃO TÉCNICA DA TABELA SAP REFERENTE AO DETALHE DOS TURNOS .....	146
FIGURA 8.2 PARÂMETROS QUE EVITAM A VISITA DE ECOPONTOS ISOLADOS.....	149
FIGURA 8.3: FUNCIONALIDADES RELATIVAS INDICAÇÃO DE FORMA AUTOMÁTICA DE APROVAÇÕES E REALIZAÇÕES DE ROTAS NO PAINEL DE GESTÃO DAS ROTAS .....	156
FIGURA 9.1: GRÁFICO EXPLICATIVO DOS CUSTOS SOCIAIS.....	163
FIGURA 9.2: GRÁFICO EXPLICATIVO DOS CUSTOS SOCIAIS E DIRETOS .....	164
FIGURA 9.3: GRÁFICO EXPLICATIVO DOS CUSTOS SOCIAIS E DIRETOS ACUMULADOS.....	165
FIGURA 9.4: GRÁFICO EXPLICATIVO DOS CUSTOS SOCIAIS E ACUMULADOS COM INDICAÇÃO DO INTERVALO DE CONFIANÇA .....	166

## Lista de Tabelas

TABELA 3.1: TABELA CARACTERIZADORA DOS VÁRIOS TIPOS DE INFRAESTRUTURAS POR CENTRO DE PLANEAMENTO.....	22
TABELA 5.1: DISTÂNCIAS EM METROS ENTRE CADA PAR DE PONTOS.....	43
TABELA 5.2: QUANTIDADE ESTIMADA DE RESÍDUOS A RECOLHER EM CADA PONTO .....	44
TABELA 5.3: TEMPOS DE DESLOCAÇÃO EM MINUTOS ENTRE CADA PAR DE PONTOS .....	48
TABELA 5.4: DISTÂNCIA EM METROS ENTRE CADA PAR DE PONTOS .....	56
TABELA 5.5: TEMPOS DE DESLOCAÇÃO EM MINUTOS ENTRE CADA PAR DE PONTOS .....	56
TABELA 5.6: QUANTIDADE ESTIMADA DE RESÍDUOS A RECOLHER EM CADA PONTO .....	56
TABELA 5.7: ROTAS OBTIDAS NA PRIMEIRA ITERAÇÃO DO EXEMPLO EM ESTUDO.....	57
TABELA 5.8: LISTA COM <i>SAVINGS</i> OBTIDOS DO EXEMPLO EM ESTUDO .....	58
TABELA 5.9: ROTAS OBTIDAS NA SEGUNDA ITERAÇÃO DO EXEMPLO EM ESTUDO.....	59
TABELA 5.10: ROTAS OBTIDAS NA TERCEIRA ITERAÇÃO DO EXEMPLO EM ESTUDO .....	59
TABELA 5.11: ROTAS OBTIDAS NA QUARTA ITERAÇÃO DO EXEMPLO EM ESTUDO .....	60
TABELA 5.12: ROTAS OBTIDAS NA OITAVA ITERAÇÃO DO EXEMPLO EM ESTUDO.....	61
TABELA 5.13: VALORES OBTIDOS PARA A VARIÁVEL X PARA AS DUAS ROTAS OBTIDAS .....	63
TABELA 6.1: LISTA COM O NÚMERO DE ECOPONTOS EM CADA CONCELHO.....	67
TABELA 6.2: REPRESENTAÇÃO UML DA CLASSE ECOPONTO.....	74
TABELA 6.3: REPRESENTAÇÃO UML DA CLASSE ARCO .....	76
TABELA 6.4: REPRESENTAÇÃO UML DA CLASSE ROTA .....	79
TABELA 6.5: REPRESENTAÇÃO UML DA CLASSE JUNÇÃO DE ROTAS.....	84
TABELA 6.6: REPRESENTAÇÃO UML DA CLASSE CONTROLADOR .....	92
TABELA 7.1: RECOLHAS EFETUADAS NA SIMULAÇÃO 1 .....	131
TABELA 7.2: DURAÇÕES OBTIDAS NA SIMULAÇÃO 1 .....	131
TABELA 7.3: DISTÂNCIAS OBTIDAS NA SIMULAÇÃO 1 .....	131
TABELA 7.4: RECOLHAS EFETUADAS NA SIMULAÇÃO 1 .....	134
TABELA 7.5: DURAÇÕES OBTIDAS NA SIMULAÇÃO 2 .....	134
TABELA 7.6: RECOLHAS EFETUADAS NA SIMULAÇÃO 4 .....	140
TABELA 7.7: DURAÇÕES OBTIDAS NA SIMULAÇÃO 4 .....	141
TABELA 8.1: DADOS REAIS OBTIDOS PARA A PROVA DE VALOR .....	148
TABELA 8.2: DADOS SIMULADOS E NORMALIZADOS COM VALIDAÇÃO PARA EVITAR GRANDES DESLOCAÇÕES (NÍVEL DE ENCHIMENTO MÍNIMO DE 50%) .....	152
TABELA 8.3: DADOS SIMULADOS E NORMALIZADOS SEM VALIDAÇÃO PARA EVITAR GRANDES DESLOCAÇÕES (NÍVEL DE ENCHIMENTO MÍNIMO DE 50%) .....	152
TABELA 8.4: DADOS REAIS OBTIDOS PARA A PROVA DE VALOR .....	152
TABELA 8.5: PARÂMETROS PARA CÁLCULO DE CUSTOS NA ANÁLISE DA VALIDAÇÃO PARA EVITAR GRANDES DESLOCAÇÕES.....	153
TABELA 8.6: CUSTOS TOTAIS OBTIDOS NA ANÁLISE DA VALIDAÇÃO PARA EVITAR GRANDES DESLOCAÇÕES .....	154
TABELA 8.7: RESULTADOS OBTIDOS NA ANÁLISE DA VALIDAÇÃO PARA EVITAR GRANDES DESLOCAÇÕES .....	155
TABELA 8.8: TABELA DE CUSTOS BASE PARA ANÁLISE DE DADOS.....	157
TABELA 8.9: DADOS REAIS OBTIDOS PARA A PROVA DE VALOR .....	157
TABELA 8.10: DADOS OBTIDOS NA SIMULAÇÃO COM NÍVEL DE ENCHIMENTO MÍNIMO DE 50% PARA A PROVA DE VALOR.....	158
TABELA 8.11: DADOS OBTIDOS E NORMALIZADOS NA SIMULAÇÃO COM NÍVEL DE ENCHIMENTO MÍNIMO DE 50% PARA A PROVA DE VALOR .....	158
TABELA 8.12: DADOS OBTIDOS NA SIMULAÇÃO COM NÍVEL DE ENCHIMENTO MÍNIMO DE 75% PARA A PROVA DE VALOR.....	159

TABELA 8.13: DADOS OBTIDOS E NORMALIZADOS NA SIMULAÇÃO COM NÍVEL DE ENCHIMENTO MÍNIMO DE 75% PARA A PROVA DE VALOR .....	159
TABELA 8.14: COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NA PROVA DE VALOR .....	160
TABELA 8.15: COMPARAÇÃO DAS POUPANÇAS OBTIDAS NA PROVA DE VALOR .....	160

## Agradecimentos

Um muito obrigado à Vivi pela paciência e apoio durante todo este processo.

Também um agradecimento aos meus pais, irmãos e amigos. Uma palavra muito especial ao meu irmão Tiago por conversas relativas ao rumo inicial a dar ao trabalho nomeadamente na decisão de se utilizar o *Google.Maps*. Também ao meu irmão Filipe por discussões interessantes tidas ao longo do processo e ao meu irmão mais novo, Pedro, pela ajuda prestada já numa fase final do trabalho.

Ao meu amigo Filipe Oliveira pela análise crítica ao painel desenvolvido e respetiva ligação ao *Google.Maps*. Também uma palavra de apreço ao meu colega Dr. Renato Vieira pela chamada de atenção para algumas melhorias numa ótica da gestão global do processo.

Uma palavra muito especial ao Professor Doutor João Telhada pelo apoio e orientação que me proporcionou ao longo da realização deste trabalho.

À empresa onde trabalho há mais de 11 anos, a Águas de Portugal (AdP), pelo apoio demonstrado durante as diversas fases do mestrado.

Pela disponibilidade de participar como membro do júri, um agradecimento ao Eng.º João Pedro Rodrigues, tornando assim possível a existência de uma forte ligação entre este trabalho e uma visão empresarial ao nível da empresa AdP.

Um agradecimento ao meu diretor, o Eng.º Adriano Serrano, pelas conversas que tivemos ao longo do desenvolvimento do trabalho e também pelo apoio demonstrado durante este processo.

Ao meu colega Eng.º Nuno Piedade uma palavra de agradecimento pelas frequentes trocas de ideias durante a realização do trabalho que permitiu clarificar algumas questões durante vários momentos atribulados.

Também um agradecimento aos meus colegas da área das infraestruturas, António Esteves e Henrique Oliveira, pelo apoio no tratamento da autenticação ao proxy necessário para a utilização da função HTTP\_GET por forma a aceder *Google.Maps*.

Às minhas colegas Dr.ª Lénia Almeida e Dr.ª Vera Antunes pela ajuda no “acatitamento” do trabalho.

Aos colegas da empresa Amarsul, à Eng.ª Telma Robin, ao Eng.º Nuno Oliveira e ao Eng.º Ângelo Garcia um grande agradecimento pelas informações disponibilizadas que permitiram a realização deste trabalho.

Por fim, uma palavra de agradecimento muito especial ao meu cunhado, José Rocha, que conseguiu despendar tempo, certamente precioso e escasso, para realizar uma ajuda fundamental já no final do trabalho.

## 1 Introdução

O objetivo do trabalho de projeto consiste no desenvolvimento do protótipo de um sistema de informação que permita modelar e otimizar as rotas a utilizar na recolha dos resíduos depositados nos ecopontos geridos pela empresa Amarsul - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos S.A.

Como se pode consultar no site da empresa [WAMS12], a Amarsul é responsável pela exploração e gestão do Sistema Multimunicipal de Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos da Margem Sul do Tejo, por um período de 25 anos, de acordo com a concessão definida.

O capital social da AMARSUL pertence em 51% à EGF – Empresa Geral de Fomento (detida a 100 % pela AdP – Águas de Portugal, SGPS, S.A.) e em 49% aos municípios inseridos na área de atuação (Alcochete, Almada, Barreiro, Moita, Montijo, Palmela, Almada, Seixal, Setúbal e Sesimbra).

Atualmente, a Amarsul tem a concessão para o tratamento e valorização dos resíduos sólidos urbanos dos 9 municípios da Península de Setúbal. Esta área geográfica pode ser analisada através da figura 1.1.

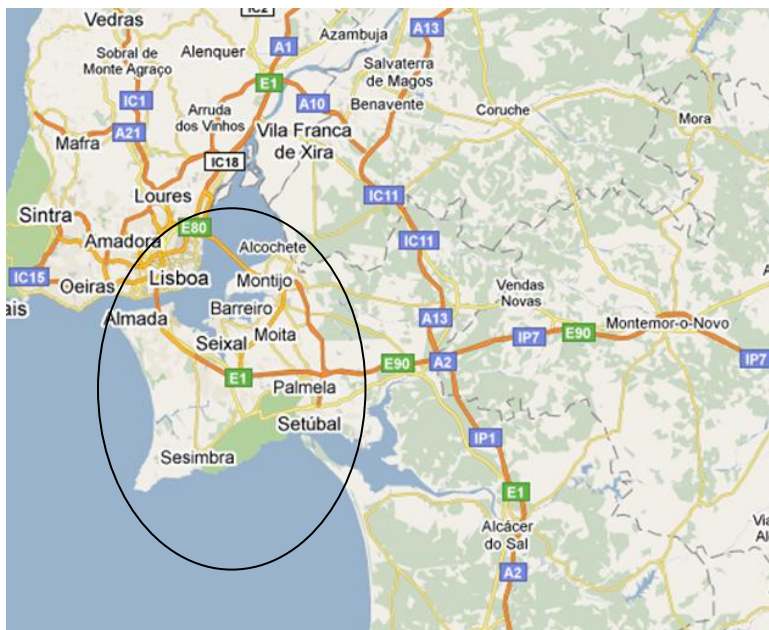


Figura 1.1: Mapa com indicação da área de ação da empresa Amarsul



No âmbito processual a área de resíduos pode ser dividida em dois processos produtivos distintos: a recolha e tratamento de resíduos recicláveis e a recolha e tratamento de resíduos sólidos urbanos.

A figura 1.2 descreve o fluxo destes dois processos produtivos detalhando-os por atividades.

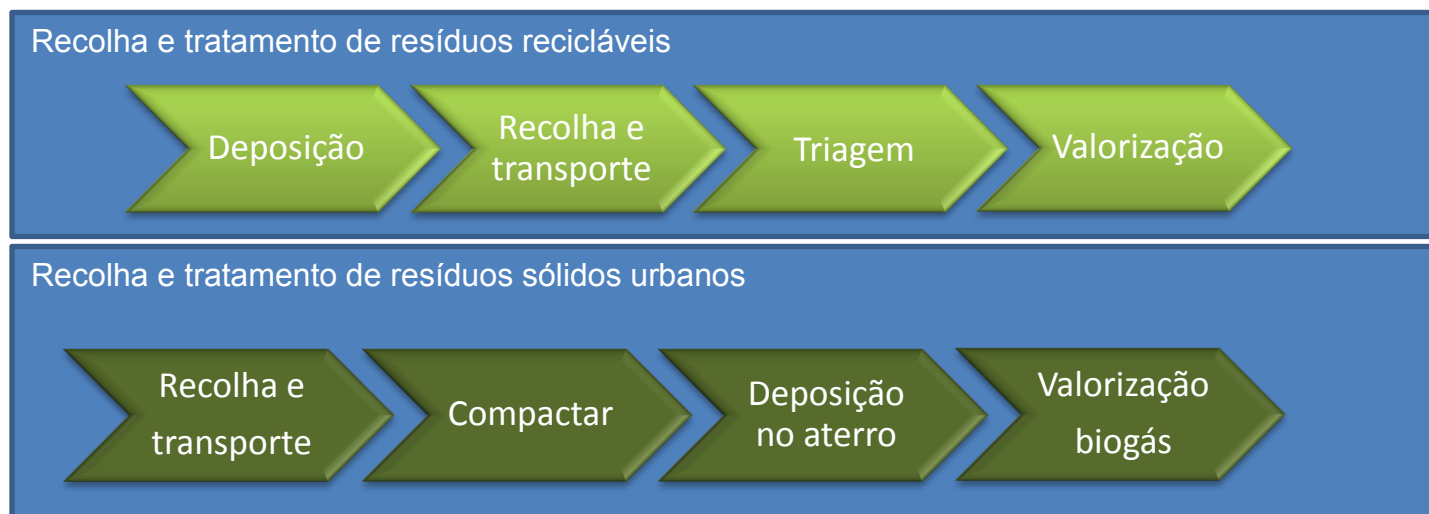


Figura 1.2: Fluxos dos dois processos produtivos

O processo denominado de “recolha e tratamento de resíduos recicláveis” inicia-se através da deposição dos resíduos nos equipamentos denominados de ecopontos, por tipo de resíduos (fileira), ou seja efetua-se já neste ponto a primeira triagem dos resíduos em três áreas distintas: Vidro, Papel e Embalagem. Esta fase corresponde à atividade de deposição.

Para além dos ecopontos existem os ecocentros que consistem em infraestruturas vedadas utilizadas para deposição de grande quantidade de resíduos de forma seletiva. Estes locais podem ser acedidos tanto por cidadãos como por pequenas indústrias, comércio ou serviços. [WECOCE]

A fase seguinte consiste na recolha dos resíduos depositados nos ecopontos e no seu transporte até à central de triagem. Nesta infraestrutura procede-se a uma nova separação dos resíduos para que assim seja possível levar adiante o trabalho realizado pelas indústrias de reciclagem. Na figura 1.3 visualiza-se este processo manual de triagem.



Figura 1.3: Mesa de triagem

Como referido, as indústrias de reciclagem aproveitam e valorizam estes materiais permitindo a sua reutilização, correspondendo este passo à fase de valorização.

O outro processo denominado de “recolha e tratamento dos resíduos sólidos urbanos” incide sobre os resíduos que não são depositados nos ecopontos (por exemplo os resíduos orgânicos). Este processo inicia-se com a recolha e transporte deste material diretamente para os aterros sanitários ou para estações de transferência.

As estações de transferência são infraestruturas utilizadas quando se verifica a existência de uma grande distância entre o local de recolha dos resíduos e o destino final (aterro). Nestas infraestruturas procede-se à preparação destes materiais com vista a possibilitar o seu transporte para o aterro num veículo de grande dimensão. Desta forma torna-se este processo economicamente mais viável para os municípios mais distantes [WERSUC].

Como foi referido, o destino final destes resíduos é o aterro sanitário. Esta infraestrutura consiste numa área de terreno preparado através de um sistema de drenagem de efluentes líquidos acima de uma camada impermeável sobre uma camada de solo compactado. Desta forma evita-se o esvaziamento de material líquido para o solo, impedindo desta forma a contaminação de lençóis freáticos.

O interior do aterro normalmente possui um sistema de drenagem de gases que possibilita a coleta do chamado biogás que pode ser utilizado para a produção de energia [WATERRO].

Na figura 1.4 apresenta-se uma vista aérea do aterro do Seixal.



Figura 1.4: Aterro do Seixal

A distribuição geográfica das infraestruturas da empresa Amarsul é apresentada na figura 1.5.

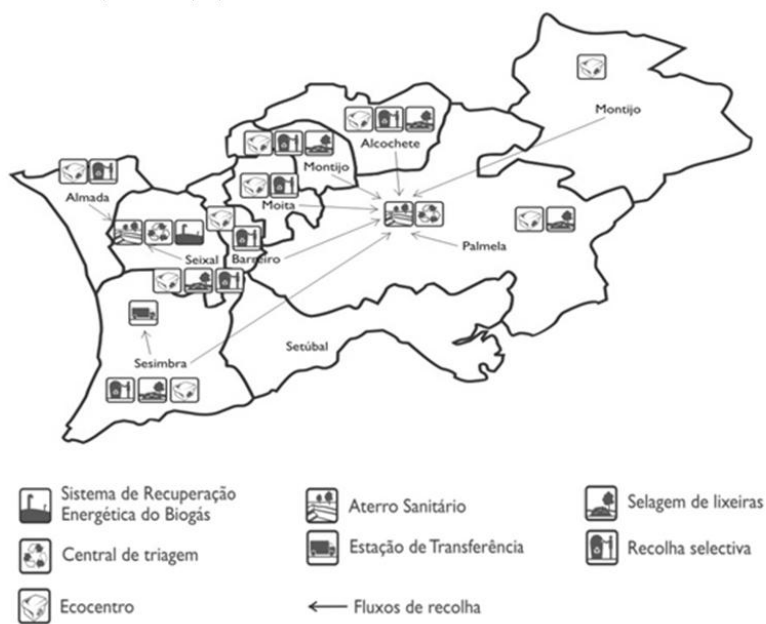


Figura 1.5: Mapa com caracterização geográfica das infraestruturas da responsabilidade da empresa Amarsul

Estas infraestruturas estão divididas em três grandes áreas de responsabilidade (também denominados de centros de planeamento) designadas de Ecoparques. Os três Ecoparques existentes são os seguintes:

- Ecoparque de Setúbal
- Ecoparque de Palmela
- Ecoparque de Seixal

O projeto incide essencialmente sobre o centro Palmela, pois os dados obtidos são precisamente desta área. No entanto é um objetivo fundamental manter o sistema preparado para abranger futuramente a restante informação.

Cada uma destas áreas é responsável pela recolha dos resíduos pertencentes a municípios específicos, existindo a seguinte distribuição:

- Ecoparque de Setúbal: Não desenvolve recolha seletiva
- Ecoparque de Palmela: Desenvolve a recolha nos municípios Barreiro, Moita, Montijo, Alcochete, Setúbal e Palmela
- Ecoparque de Seixal: Desenvolve a recolha nos municípios Almada, Seixal e Sesimbra

Como referido, a empresa Amarsul está integrada no universo das empresas pertencentes ao grupo Águas de Portugal (AdP). O organograma do grupo, representado na figura 1.6, permite uma consulta mais detalhada da sua estrutura.



Figura 1.6: Organograma do grupo AdP

A Amarsul, conjuntamente com outras empresas, formam a sub-holding “Empresa Geral do Fomento” (EGF) responsável por toda a área de tratamento e valorização dos resíduos sólidos urbanos.

Para além da área de negócio Resíduos, a atividade do grupo AdP contempla ainda as áreas de Águas e Saneamento, Energia e Internacional.

A área de negócio Águas e Saneamento refere-se mais concretamente ao abastecimento de água e ao saneamento de águas residuais.

Neste âmbito o grupo AdP atua em todas as fases do ciclo urbano da água, integrando a captação, o tratamento e a distribuição de água para consumo público e a recolha, o tratamento e rejeição de águas residuais urbanas e industriais, incluindo a sua reciclagem e reutilização. [WADP12]

Por outro lado, a área de negócio correspondente à Energia, ou seja as energias renováveis, tem por objetivo maximizar o aproveitamento dos seus ativos e recursos endógenos, nomeadamente dos subprodutos dos processos de tratamento de águas e de resíduos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, através da racionalização dos consumos energéticos e da redução ou compensação das emissões de Gases com Efeito Estufa. [WADP12]

Por último, a área de negócio Internacional tem por missão conduzir a gestão dos negócios do grupo AdP fora do território nacional, assegurando a gestão das participações sociais e outros negócios do Grupo de forma economicamente sustentável, constituindo-se como alavanca para a internacionalização do Grupo e atuando como montra das vantagens competitivas que Portugal detém no sector do ambiente. [WADP12]

## 1.1 Âmbito e objetivos do projeto

O objetivo geral do projeto consiste na definição de um modelo de otimização das rotas de recolhas de ecopontos, e implementação de um protótipo com a solução encontrada no âmbito de um sistema de informação.

Assim, a atividade de negócio relevante para este estudo consiste na fase “Recolha e Transporte” pertencente ao processo produtivo “Recolha e Tratamento de Resíduos Recicláveis” representada na figura 1.2.

O projeto inicia-se com o levantamento da informação necessária junto da empresa Amarsul. Em linhas gerais, esta informação contempla os dados dos ecopontos e das recolhas dos respetivos resíduos.

De seguida procede-se à análise e seleção dos *softwares* a utilizar ao longo do projeto. Este processo tem de respeitar um pré-requisito fundamental que consiste no facto da solução adotada não poder implicar qualquer investimento financeiro. Assim, devem ser escolhidos *softwares* de uso livre e portanto sem custos de utilização ou em alternativa a adoção de sistemas informáticos já disponíveis no grupo AdP.

Com o apoio dos sistemas informáticos adotados, procede-se à análise mais detalhada dos dados recolhidos e efetua-se a definição do modelo de previsão do nível de enchimento dos diversos ecopontos presentes no sistema da empresa Amarsul.

Com base neste modelo de previsão prossegue-se à implementação de uma aplicação informática que permita gerir e otimizar as rotas de recolha dos resíduos dos ecopontos.

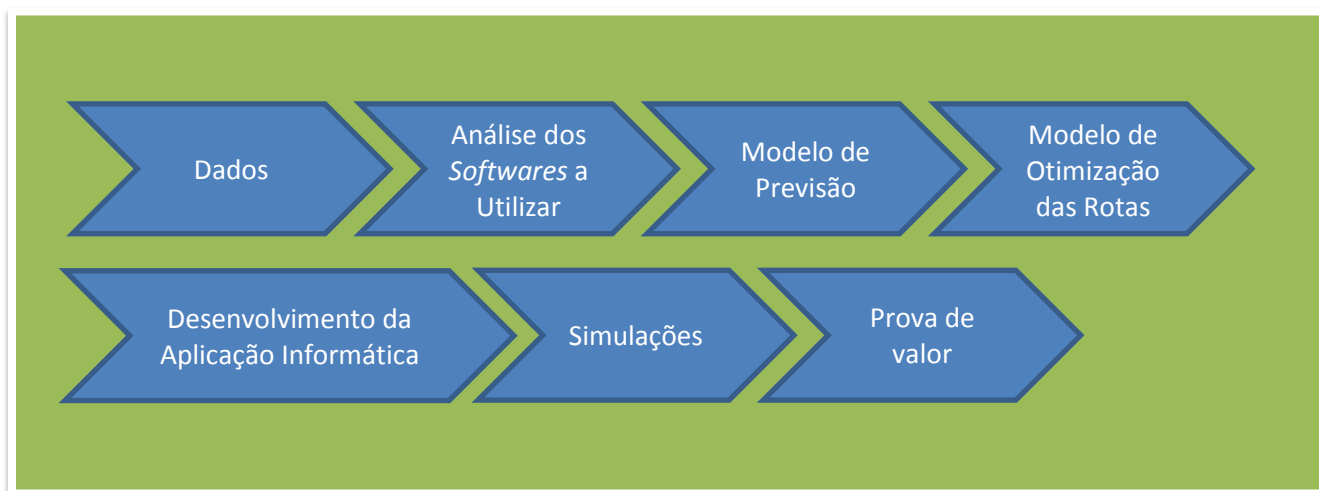


Figura 1.7: Fluxograma das etapas do projeto

A implementação da aplicação informática assenta em dois passos:

- Identificar e implementar uma heurística de otimização de rotas através da criação de classes na ótica de programação centrada em objetos.
- Implementação de um painel de gestão das rotas, que terá como suporte a heurística desenvolvida no ponto anterior (utilizando as respetivas classes implementadas). Pretende-se que esta funcionalidade responda às necessidades de gestão em modo *online* das rotas.

A aplicação informática terá um interface com um sistema que disponibilize mapas para representação geográfica das rotas obtidas e estará disponível na internet.

Após a implementação da aplicação, inicia-se a sua utilização através de simulações com vista a garantir a usabilidade e a fiabilidade do sistema informático.

Por último, elabora-se um estudo denominado de prova de valor onde se compara o novo modelo/sistema informático com a situação atual. Desta forma apuram-se as mais-valias desta nova solução.

As várias etapas aqui descritas encontram-se representadas esquematicamente na figura 1.7.

A nível de competências necessárias para o desenvolvimento do trabalho, este projeto tem como objetivo abranger e desenvolver os conhecimentos adquiridos no âmbito do mestrado em Gestão de Informação (vertente Sistemas de Informação).



## ***1.2 Estruturação do projeto – Work Breakdown Structure***

A chamada *Work Breakdown Structure* (WBS) consiste num modelo de organização do trabalho a efetuar no âmbito de um projeto. Este modelo consiste numa estruturação de forma hierárquica que permite a obtenção de uma visão geral do projeto [WWBS].

Esta forma de organização consiste assim numa base funcional para se definir os passos do projeto, por exemplo ao nível do planeamento de custos, calendarização de datas e costeio.

Esta estruturação pode seguir diversas lógicas, todavia no âmbito deste trabalho foi adotada uma lógica de estruturação por fases.

A figura 1.8 apresenta a referida WBS, sendo com base nesta estrutura que o relatório do projeto será apresentado e o trabalho desenvolvido.

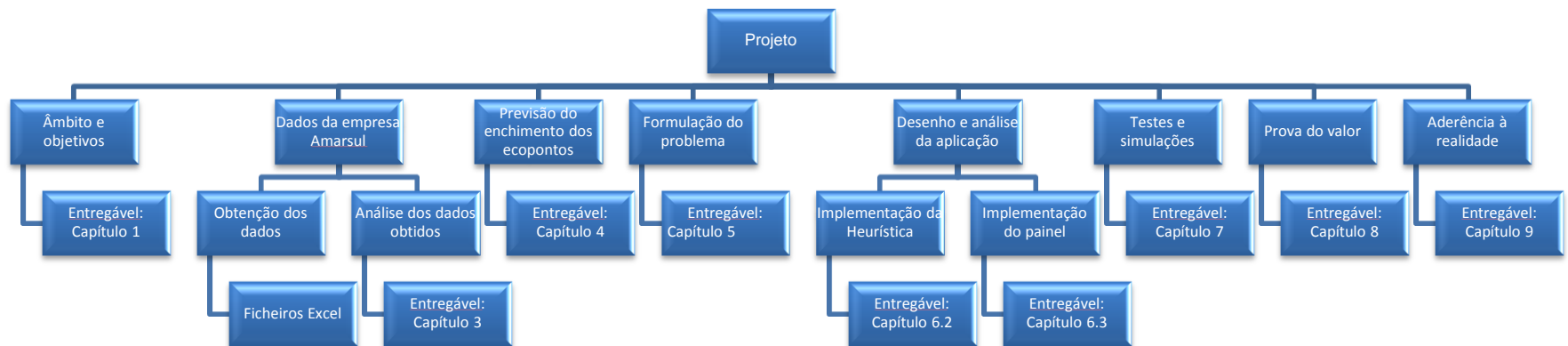


Figura 1.8: Estruturação do projeto

## 2 *Softwares utilizados*

Devido à natureza e requisitos do projeto foram utilizados diversos *softwares* no sentido de responder às necessidades encontradas e objetivos definidos.

Como já foi referido, uma das premissas fundamentais do trabalho consiste na utilização de *softwares* já disponíveis na empresa e portanto sem custos adicionais e/ou em soluções disponíveis de forma gratuita.

Apresentam-se neste capítulo os *softwares* utilizados durante as diversas fases.

### 2.1 *Excel*

Numa primeira fase o Excel foi utilizado na análise dos dados disponibilizados pela empresa Amarsul.

Todos os dados obtidos foram apresentados em formato Excel pelo que a utilização desta ferramenta surgiu de forma natural.

A análise inicial dos dados permitiu identificar como estes se encontravam estruturados. Posteriormente, também através do Excel, efetuou-se a organização da informação com vista à sua migração para o *software* onde a aplicação de gestão das rotas estará residente.

Este processo incluiu essencialmente a utilização do Excel como uma usual folha de cálculo. Foram também desenvolvidos pequenos programas em VBA (macros) para permitir uma visualização gráfica de alguns resultados bem como a formatação de dados para utilização futura.

Além de servir como plataforma preparatória e intermédia de análise dos dados, o Excel foi também utilizado pontualmente em diversas outras situações.

Por exemplo, os acessos sequenciais ao *site Google.Maps* para a obtenção de informação relativa às distâncias e tempos de deslocação entre cada par de ecopontos revelou-se uma tarefa demorada. O Excel foi aqui utilizado para estimar a duração destes processos e assim permitir organizar uma estratégia por forma a otimizar a recolha desta informação (capítulo 2.3).

Esta ferramenta foi também utilizada como apoio em alguns cálculos, como foi o caso do estudo no âmbito da prova de valor na parte final deste trabalho.

## 2.2 SAP

O sistema SAP [WSAP12] foi desenvolvido pela empresa Alemã com o mesmo nome, ao longo de quatro décadas, e consiste num sistema integrado de gestão empresarial (ERP – Enterprise Resource Planning).

A grande mais-valia deste tipo de sistemas consiste no facto de agregarem de forma abrangente os principais processos de negócio das empresas. Funcionalidades associadas às áreas financeira, logística, recursos humanos, produção, manutenção e muitas outras são disponibilizadas pelos ERPs de uma forma perfeitamente interligada.

Este tipo de solução permite organizar de forma eficiente os processos internos das empresas, tornando também possível a consulta da informação de forma agregada e coerente entra as várias áreas.

No âmbito do grupo AdP o sistema SAP implementado contempla as áreas financeira, logística, recursos humanos, projetos e manutenção.

De acordo com o relatório desenvolvido pela PANORAMA, Consulting Group [WPAN12], a SAP continua a liderar a cota de mercado a nível dos ERPs como se pode confirmar através da figura 2.1.

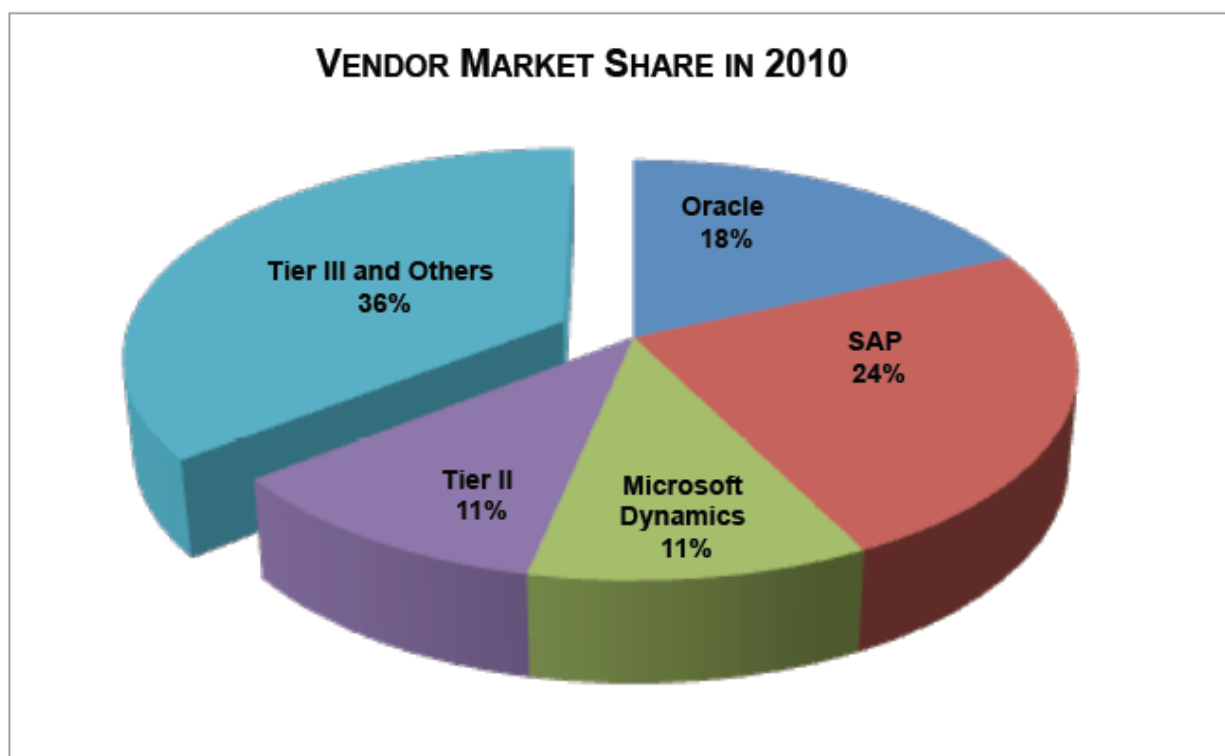


Figura 2.1: Gráfico caracterizador da cota de mercado dos diversos fornecedores de ERPs

Como foi referido, este ERP disponibiliza um conjunto de funcionalidades *standards*. Porém no sentido de adaptar o *software* à realidade das empresas, os clientes que adquirem este produto podem efetuar desenvolvimentos sobre esta plataforma e integrá-los com as restantes funcionalidades.

Estes desenvolvimentos são efetuados utilizando a linguagem de programação da SAP denominada de ABAP (*Advanced Business Application Programming*). Talvez pelo facto de o ABAP ser utilizado exclusivamente na plataforma SAP, a classificação do grau de popularidade desta linguagem seja apenas a 31ª posição [WTIOBE12].

A figura 2.2 apresenta uma lista do ranking onde se enquadra a linguagem ABAP.

Position	Programming Language	Ratings
21	RPG (OS/400)	0.557%
22	Assembly	0.517%
23	MATLAB	0.485%
24	Bash	0.465%
25	SAS	0.456%
26	Fortran	0.411%
27	COBOL	0.405%
28	Scheme	0.394%
29	R	0.381%
30	cg	0.372%
31	ABAP	0.372%

Figura 2.2: Figura ilustrativa do ranking do ERP SAP

O licenciamento do ERP SAP disponível para o grupo AdP não contempla funcionalidades ao nível da otimização e gestão das rotas.

Outra alternativa consistia em obter este tipo de funcionalidades na plataforma SAP desenvolvidas por empresas existentes no mercado, pois é expectável que já existam desenvolvidos pacotes dentro deste âmbito.

Porém, quer a contratação de licenciamento quer a aquisição de novos programas SAP estavam excluídos devido à premissa definida de não se apresentar custos no desenvolvimento da solução pretendida.

Adicionalmente, uma aposta num pacote comercial existente dificultaria ajustamentos e desenvolvimentos específicos de acordo com os requisitos funcionais do processo da gestão das rotas.

Assim, a solução adotada passa pela construção interna das funcionalidades de otimização e gestão das rotas, utilizando a plataforma SAP e concretamente a linguagem de programação ABAP.

Esta solução garante, como foi referido, uma flexibilidade para ajustamentos futuros e constitui também uma garantia de qualidade do produto final a entregar às empresas do grupo AdP.

### 2.3 *Google.Maps*

Pelo facto do SAP não permitir a georreferenciação dos dados para o necessário estudo das distâncias e tempos de deslocação entre os diversos ecopontos, e respetiva gestão deste processo através da apresentação de mapas, foi necessário analisar as várias possibilidades que permitissem resolver este problema.

Inicialmente analisou-se a possibilidade da utilização do *software* GEOMEDIA através do pacote *Transportation*. Verificou-se que este pacote poderia de facto responder às necessidades identificadas, mas a questão do licenciamento inviabilizou também esta opção.

A alternativa da utilização do *Google.Maps* apresentou-se de forma natural, pois a comunicação entre o SAP e o Google é relativamente direta não existindo a necessidade de qualquer licenciamento para a utilização prevista.

Outra mais valia consiste na previsível boa aceitação do *Google.Maps* por parte dos utilizadores, pois esta ferramenta já se encontra muito divulgada sendo frequentemente adotada quer a nível profissional quer a nível pessoal.

Também a vertente do *Google.Maps* para a mobilidade torna esta solução muito apetecível. Desta forma, os técnicos no terreno poderão aceder à aplicação, através de um aparelho móvel com acesso à internet, e consultar a rota que terão de efetuar.

Por outro lado, existe a desvantagem associada ao facto de existir uma dependência direta com um sistema externo e não controlado. Existe portanto o risco futuro de alteração da funcionalidade deste sistema ou de uma mudança a nível do licenciamento do produto.

Para se minimizar esta questão, o desenvolvimento efetuado possibilita um rápido ajustamento permitindo a utilização de um outro *software* alternativo com as mesmas características.

Ao nível funcional, a utilização deste *software* representa um ganho de eficiência pois disponibiliza ao planeador e ao motorista mapas simples com os percursos das rotas a realizar em cada dia. Portanto, mais do que simplesmente apresentar os quilómetros e duração estimados das várias rotas, são facultados geograficamente todos os dados necessários para efetuar a análise das rotas.

### **3 Análise dos dados fornecidos pela empresa Amarsul**

No início do projeto é fundamental a obtenção de dados que permitam sustentar todo o trabalho.

Num período prévio ao projeto, foram contactadas diversas empresas no sentido de se obter a informação necessária para tornar possível o desenvolvimento de um protótipo de gestão das rotas de recolha dos resíduos dos ecopontos.

A Amarsul disponibilizou-se para fornecer toda a informação necessária. Esta empresa, desde 2010, regista a informação de recolha dos resíduos dos ecopontos no sistema informático “Sistema de Planeamento e Análise da Recolha” (SPAR).

O SPAR é uma solução informática para o Mercado Global de apoio ao processo de Recolha de Resíduos. Fornece as ferramentas necessárias a um planeamento e gestão eficazes dos recursos afetos a esta atividade, e à exploração e análise da informação para suporte à decisão. [WSPAR]

Os dados constantes nesta aplicação foram exportados para os seguintes ficheiros Excel:

- Lista de ecopontos existentes
- Lista das viaturas existentes
- Listas das caixas utilizadas pelas viaturas
- Lista das recolhas efetuadas
- Lista com o peso líquido recolhido nos vários turnos de recolha
- Custos de mão-de-obra que intervêm no processo de recolha

Estes ficheiros encontram-se apresentados, analisados e detalhados nos próximos subcapítulos.

Previamente à apresentação detalhada dos ficheiros referidos, optou-se por disponibilizar um capítulo contendo uma explicação do processo de recolha e transporte dos resíduos, para desta forma permitir um maior enquadramento da informação recolhida.



### ***3.1 Enquadramento do processo de recolha e transporte dos resíduos***

Como foi referido anteriormente, os equipamentos denominados de ecopontos constituem a base de todo o processo de recolha dos resíduos. Estas infraestruturas correspondem a contentores destinados a receber os materiais (resíduos) pré-separados para serem reciclados.

Os ecopontos encontram-se distribuídos pela via pública para que possam ser acedidos facilmente.

Estes equipamentos são apresentados pelas seguintes cores, representando o tipo de material (fileira) que deverá ser aí depositado:

- Ecopontos Amarelos – Plástico/Metal
- Ecopontos Azuis – Papel/Cartão
- Ecopontos Verdes - Vidro

Para facilitar a linguagem ao longo do trabalho estas fileiras são denominadas apenas pelas seguintes formas: Fileira Plástico, Fileira Papel e Fileira Vidro.

Adicionalmente aos Ecopontos existe também o Petão. Este equipamento corresponde a um ecoponto de maiores dimensões que tem como objetivo aumentar a recolha de embalagens PET. Este tipo de embalagens pertence à família das embalagens de plástico e são constituídas por plástico transparente.

Por existir um número muito reduzido de Petões, este tipo de equipamento foi retirado do estudo.

O processo de recolha dos resíduos faz-se através de viaturas específicas para o efeito. Estas viaturas devem seguir rotas de recolha pré-definidas que se iniciam no ponto chamado sede e percorrem os diversos ecopontos para aí recolher os respetivos resíduos. No final da rota cada viatura regressa à sede para descarregar os resíduos recolhidos.

Por uma questão de simplificação da linguagem, a sede é diversas vezes denominada por “ecoponto sede”, visto tratar-se de um local tal como acontece com os restantes ecopontos. A grande diferença consiste no facto de a sede apresentar sempre um nível de enchimento de 0%, pois neste ponto apenas se descarregam resíduos.

Neste projeto pretende-se portanto otimizar estas rotas por forma a minimizar os custos inerentes a este processo.

Cada viatura tem associada uma caixa com uma capacidade de recolha definida. Uma mesma caixa pode ser atribuída a diversas viaturas, permitindo alguma flexibilidade. No entanto para efeitos do trabalho e por simplicidade de linguagem, refere-se apenas à capacidade da viatura, quando na forma correta dever-se-ia referir à capacidade da caixa atribuída à viatura.

Em cada rota de recolha é atribuída uma equipe composta por um motorista e um auxiliar. Poderá acontecer que uma equipe seja composta apenas por um motorista, mas esta situação

acontece apenas em casos pontuais e por razões específicas como por exemplo por motivo de doença de um auxiliar. Para efeitos do trabalho considera-se que a equipa é sempre constituída pelos referidos dois elementos.

Por último, a cada equipa está associado um turno de trabalho. Cada turno representa as rotas que uma determinada equipa deverá realizar durante um dia de trabalho.

### ***3.2 Ficheiro: lista dos ecopontos existentes***

Este ficheiro apresenta a informação das várias infraestruturas existentes, disponibilizando a seguinte informação:

- Tipo → Neste campo indicam-se os tipos de equipamentos existentes, consistindo nos seguintes:
  - Ecopontos → Infraestrutura que contém as três fileiras: Embalagem, papel e vidro com capacidade de 2,5 m<sup>3</sup>. (figura 3.1)



Figura 3.1: Ilustração de equipamentos Ecopontos

- Embalão → Infraestrutura que contém apenas a fileira embalagem com capacidade de 2,5 m<sup>3</sup>.
- Papelão → Infraestrutura contém apenas a fileira papel com capacidade de 2,5 m<sup>3</sup>.

- PapelãoEmbalão → Infraestrutura contém as fileiras papel e embalagem com capacidade de 2,5 m<sup>3</sup>.
- Vidrão → Infraestrutura que contém apenas a fileira vidro com capacidade de 2,5 m<sup>3</sup>.
- VidrãoPapelão → Infraestrutura que contém as fileiras vidro e papel com capacidade de 2,5 m<sup>3</sup>.
- VidrãoEmbalão → Infraestrutura que contém as fileiras vidro e embalagem com capacidade de 2,5 m<sup>3</sup>.
- Petão – Equipamento para recolha de embalagens PET (figura 3.2)



Figura 3.2: Apresentação de um equipamento do tipo Petão

- Recolhas a pedido → Corresponde a recolhas solicitadas por diversas entidades (figura 3.3). Não se baseiam portanto em estimativas médias de nível de enchimento mas apenas através de solicitações concretas. Esta rubrica não foi contemplada no estudo.



Figura 3.3: Ilustração com exemplo de uma recolha a pedido

- Entidade P.A.P (Entidade para recolha de Porta a Porta) → Consiste na recolha de resíduos porta a porta em entidades comerciais. Este tipo de recolha foi também excluído do estudo.
- Código → Código numérico identificador de cada ecoponto.
- Código Interno → Código alfanumérico de identificação de cada ecoponto. Contém alguns dígitos que correspondem ao respetivo concelho onde o ecoponto está inserido. Não será utilizado no âmbito deste projeto, optou-se por utilizar o código numérico.
- Descrição → Morada onde se encontra o ecoponto.
- Dados de localização:
  - Freguesia
  - Concelho
  - Distrito
- Informação a nível da georreferenciação:

○ LatGraus	○ LongGraus
○ LatMin	○ LongMin
○ LatSeg	○ LongSeg
○ LatDir	○ LongDir
○ LatDecimal	○ LongDecimal
- Observações → Informações adicionais associadas a cada equipamento. Por exemplo a indicação de uma determinada loja perto do ecoponto.
- CodFilial → Código não relevante para o estudo.
- Data Instalação → Informação não preenchida ou incompleta e portanto ignorada no estudo.

Como referido anteriormente, existem os seguintes três centros de planeamento: Setúbal, Palmela e Seixal, sendo que o centro de Setúbal não desenvolve as recolhas, ficando esta atividade a cargo do centro Palmela.

Na seguinte tabela 3.1 apresenta-se uma lista com a quantidade dos vários tipos de infraestruturas por centro de planeamento.

Centro	Tipo	Nº Equipamentos
Palmela	Ecoponto	1.225
Palmela	Embalão	3
Palmela	Entidade PaP	671
Palmela	Papelão	5
Palmela	PapelãoEmbalão	6
Palmela	Petão	16
Palmela	Recolhas a pedido	9
Palmela	Vidrão	188
Palmela	VidrãoEmbalão	2
Seixal	Ecoponto	1.111
Seixal	Embalão	1
Seixal	Entidade PaP	760
Seixal	Papelão	4
Seixal	PapelãoEmbalão	2
Seixal	Petão	1
Seixal	Recolhas a pedido	5
Seixal	Vidrão	119
Seixal	VidrãoEmbalão	1
Seixal	VidrãoPapelão	6
Total		4.135

Tabela 3.1: Tabela caracterizadora dos vários tipos de infraestruturas por centro de planeamento

### ***3.3 Ficheiro: Lista das viaturas existentes de recolha dos resíduos dos ecopontos***

Este ficheiro tem como objetivo a análise do número de viaturas existentes. A informação aqui apresentada é muito reduzida, apenas são indicadas a matrícula e a marca do veículo.

### ***3.4 Ficheiro: Lista das caixas utilizadas pelas várias viaturas***

Complementando o ficheiro anterior, esta lista apresenta as várias caixas e respetivas capacidades. Como foi referido, estas caixas podem ser atribuídas às diversas viaturas, sendo que a capacidade de recolha de um veículo é definida pela capacidade da caixa que utiliza.

### ***3.5 Ficheiro: Lista das recolhas efetuadas***

Este ficheiro contempla um total de 172.595 registos correspondentes às várias recolhas efetuadas durante o ano de 2010.

Como foi referido anteriormente, apenas existem disponíveis os registos do centro Palmela.

Cada um destes registos contempla os seguintes dados:

- Código do ecoponto → Permite efetuar a ligação com o ficheiro dos ecopontos
- Código interno do ecoponto → Tal como o código anterior, permite efetuar a ligação com o ficheiro dos ecopontos.
- Turno → Cada rota é efetuada por um determinado turno, existindo um código pré-definido para cada turno
- Código da rota → Corresponde ao código da rota responsável pela recolha. Chama-se a atenção para o facto da informação aqui presente não corresponder efetivamente às diversas rotas, uma vez que nestes dados cada turno contém apenas uma rota. Este campo é portanto redundante sendo desprezado neste estudo.
- Data do circuito → Data planeada para a realização do circuito (rota)
- Data de recolha → Data real da realização do circuito.
- EcopRecolhido → Nível de enchimento em que se encontrava o ecoponto quando os respetivos resíduos foram recolhidos
- ProdFora → Indicação se existem resíduos depositados fora do ecoponto

### ***3.6 Ficheiro: Lista com peso líquido recolhido nos vários turnos de recolha***

Em cada turno de trabalho resulta um determinado peso de resíduos recolhidos. Esta informação é apresentada com o seguinte detalhe:

- Código do turno
- Código da fileira
- Peso líquido

### ***3.7 Ficheiro: Custos da mão-de-obra que intervém no processo de recolha***

Esta última informação contempla a indicação dos custos de mão-de-obra por hora dos dois tipos de funcionários intervenientes neste processo, o motorista e o auxiliar.

## 4 Previsão do enchimento dos ecopontos

Esta fase do trabalho é constituída por duas partes. A primeira tem como objetivo preparar o sistema SAP para receber a informação proveniente dos ficheiros Excel já referidos. Para isso é necessário criar uma base de dados e efetuar a respetiva migração da informação.

Estando os dados já residentes no sistema SAP, segue-se a segunda etapa que consiste em calcular o tempo médio (em dias) previsto para o enchimento de cada ecoponto.

### 4.1 Criação da base de dados

Tendo em conta o elevado número de registos associados às recolhas, optou-se por criar tabelas na base de dados do SAP para se importar e analisar os dados disponibilizados em ficheiros Excel.

Apresentam-se abaixo as tabelas criadas para o cálculo da previsão da média mensal do enchimento dos ecopontos.

- Tabela com os dados dos ecopontos

Nesta tabela são registados todos os dados associados aos ecopontos. Esta informação encontrava-se inicialmente residente no ficheiro Excel “Lista de ecopontos existentes” já analisado anteriormente.

Apresentação da respetiva caracterização relacional [WIBD]:

ecoponto(codigo, tipo, codigointerno, descricao, freguesia, concelho, distrito, latgraus, latmin, latseg, latdir, latdecimal, longgraus, longmin, longseg, longdir, longdecimal, observacoes, codfilial, datainstalacao)

O nome técnico da tabela no SAP é ZGETM\_ECOPONTOS. Na figura 4.1 podem ser consultados os respetivos dados técnicos da tabela retirados diretamente do SAP.



#### 4. Previsão do enchimento dos ecopontos

Tabela transp.

ZGETM\_ECOPOINTOS

ativo

Descrição breve

Lista de ecopontos

Características

Entrega e atualização

Campos

Entres pos

Aj.p/pes.

Ti

Campo	Chv	Val...	Elemento dados	Tipo de...	Compr
MANDI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MANDI	CLNT	3
CODIGO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	INT4	INT4	10
TIPO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR20	CHAR	20
CODIGOINTERNO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR10	CHAR	10
DESCRICAO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR200	CHAR	200
FREGUESIA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR50	CHAR	50
CONCELHO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR50	CHAR	50
DISTRITO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR20	CHAR	20
LATGRAUS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INT2	INT2	5
LATMIN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INT2	INT2	5
LATSEG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DEC31 14	DEC	31
LATDIR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR1	CHAR	1
LATDECIMAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DEC31 14	DEC	31
LONGGRAUS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INT2	INT2	5
LONGMIN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INT2	INT2	5
LONGSEG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DEC31 14	DEC	31
LONGDIR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR1	CHAR	1
LONGDECIMAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DEC31 14	DEC	31
OBSERVACOES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR100	CHAR	100
CODFILIAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR2	CHAR	2
DATAINSTALACAO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DATE	CHAR	8

Figura 4.1: Representação técnica da tabela SAP referente aos dados dos ecopontos

- Tabela com os dados das recolhas efetuadas

Nesta tabela são guardados os registos constates no ficheiro Excel “Lista de recolhas efetuadas” analisado anteriormente.

Apresentação da respetiva caracterização relacional [WIBD]:

```
recolha(registro, turno, ecoponto.codigo, ecoponto.codigointerno, codrota,
descrota, data_circuito, data_recolha, hora_recolha, enchimentoecop,
ecoprecolhido, prodfora, ndias, fileira)
```

O nome técnico da tabela no SAP é ZGETM\_RECOLHAS. Na figura 4.2 podem ser consultados os respectivos dados técnicos da tabela retirados diretamente do SAP.

#### 4. Previsão do enchimento dos ecopontos

Tabela transp. ZGETM\_RECOLHAS ativo

Descrição breve Lista das recolhas

Características Entrega e atualização Campos Entrs.poss

Figura 4.2: Representação técnica da tabela SAP referente aos registos das recolhas efetuadas

- Tabela com previsão mensal de enchimento dos ecopontos

Com base nos dados referente às recolhas, esta tabela é atualizada por forma a disponibilizar a previsão média mensal associada ao número de dias que leva cada ecoponto a ficar com a sua capacidade esgotada.

Apresentação da respetiva caracterização relacional [WIBD]:

enchimentos\_por\_mes(ecoponto.codigo, recolha.fileira, mes, ano, ndias)

O nome técnico da tabela no SAP é ZGETM\_ENCHIM\_MES. Na figura 4.3 podem ser consultados os respetivos dados técnicos retirados diretamente do SAP.

Tabela transp.    ZGETM\_ENCHIM\_MES    ativo

Descrição breve    Dias de enchimento médio mensais

Características

Entrega e atualização

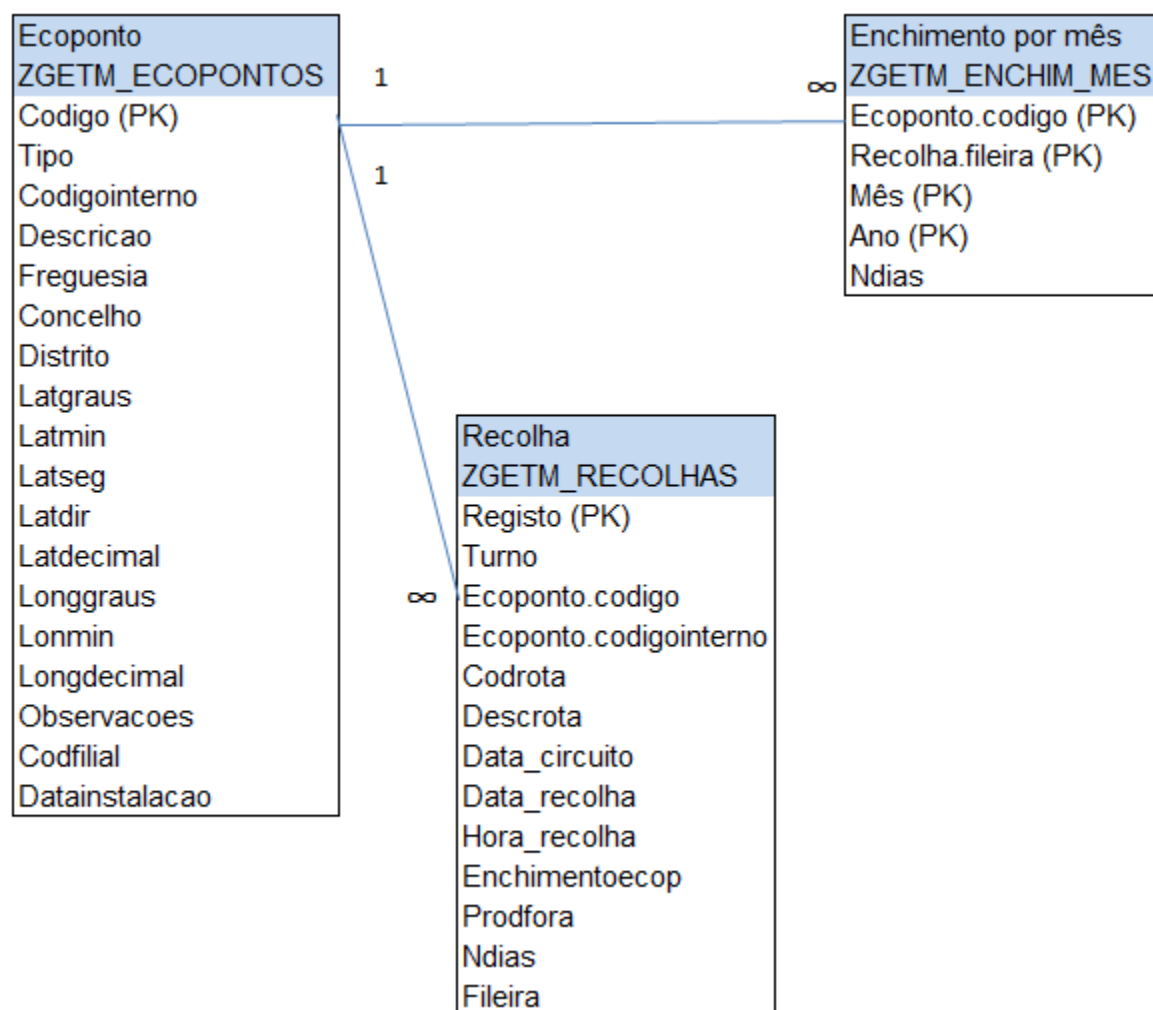
Campos

Entrs.poss

<

Figura 4.3: Representação técnica da tabela SAP contendo registos com o número de dias de enchimento médio mensal

Na figura 4.4 apresenta-se graficamente o esquema relacional das três tabelas referidas. Naturalmente o campo correspondente ao código dos ecopontos efetua a ligação entre cada uma destas entidades.



Legenda: PK – *Primary Key* (Chave primária)

Figura 4.4: Esquema relacional da base de dados referente à implementação informática do modelo de previsão do nível de enchimento dos ecopontos

## 4.2 Carregamento inicial dos dados

Criadas as tabelas na base de dados, desenvolveram-se dois programas com o objetivo de migrar os dados referentes aos ecopontos e às recolhas, com base nos ficheiros Excel já analisados anteriormente.

Na figura 4.5 apresenta-se o ecrã inicial do programa desenvolvido para migrar os dados dos ecopontos.

Figura 4.5: Ecrã inicial referente ao programa para carregamento dos ecopontos

O carregamento dos dados na base de dados do SAP permite que estes fiquem residentes no sistema, para que dessa forma possam ser utilizados no modelo de previsão do número de dias de enchimento dos ecopontos.

Na figura 4.6 pode-se analisar um exemplo contendo um registo de um ecoponto.

Tabela ZGETM_ECOPONTOS	
Mandante	100
N°	15
char20 (TIPO)	Ecoponto
Campo de caracteres do comprimento 10	B0004
Texto (200 car.)	Avenida Bento Gonçalves - Piscina Municipal - Barreiro
Comentário (FREGUESIA)	Barreiro
Comentário (CONCELHO)	Barreiro
char20 (DISTRITO)	Setúbal
Int2 (LATGRAUS)	38
Int2 (LATMIN)	39
Campo cálculo (LATSEG)	46,8144000000290
Código de uma posição (LATDIR)	N
Campo cálculo (LATDECIMAL)	38,66300400000000
Int2 (LONGGRAUS)	9
Int2 (LONGMIN)	4
Campo cálculo (LONGSEG)	58,52999999999810
Código de uma posição (LONGDIR)	W
Campo cálculo (LONGDECIMAL)	9,08292500000000-
Caractere 100	COLOCADO
Componente do n° versão	1
Data	

Figura 4.6: Exemplo de um registo com dados relativos a um ecoponto

O ecrã inicial para carregamento dos dados relativos às recolhas efetuadas pode ser analisado através da figura 4.7. Tal como no caso anterior o único campo a preencher corresponde à indicação do ficheiro Excel com os dados a migrar.

The screenshot shows the initial screen for loading collection data in SAP. The title is 'Carregamento recolha ecopontos'. There is a label 'Ficheiro' and an adjacent text input field for specifying the Excel file.

Figura 4.7: Ecrã inicial referente ao programa de carregamento das recolhas no SAP

Na figura 4.8 poderá ser analisado um exemplo de registo de uma recolha. Neste caso tem-se que o turno 77 recolheu os resíduos do ecoponto com o código 253 na data de 27.01.2010. Verifica-se também que a capacidade do ecoponto estava a 75% e que se tratava da fileira Papel.

The screenshot shows a table titled 'Tabela ZGETM\_RECOLHAS exibir' displaying a collection record. The fields and their values are as follows:

Tabela ZGETM_RECOLHAS exibir	
MANDT	100
REGISTO	160
TURNNO	77
CODIGO	253
CODIGOINTERNO	MA007
CODROTA	PE108
DESCROTA	Antigo 05 - Papel
DATA CIRCUITO	27.01.2010
DATA RECOLHA	27.01.2010
HORA RECOLHA	15:43:00
ENCHIMENTOECOP	75
ECOPRECOLHIDO	Sim
PRODFORA	Não
NDIAS	0,00
FILEIRA	Papel

Figura 4.8: Exemplo de um registo de uma recolha em SAP

### ***4.3 Cálculo do tempo médio de enchimento dos vários ecopontos***

Com base na organização efetuada dos dados, procede-se então ao cálculo do número médio de dias que cada ecoponto demora a esgotar a sua capacidade em cada mês. Utilizam-se para este efeito os dados disponibilizados pela empresa Amarsul referentes às recolhas dos ecopontos efetuadas durante o ano de 2010.

Em cada recolha foi indicada a percentagem de enchimento observada no respetivo ecoponto dentro das seguintes possibilidades: 0%, 25%, 75% e 100%.

Adicionalmente encontra-se disponível a informação dos casos em que existem resíduos fora dos ecopontos. Assumiu-se que nestes casos o ecoponto terá uma percentagem de enchimento de 125%.

Subsistem no entanto algumas questões que poderão pôr em causa a fiabilidade dos dados. Atualmente os dados de recolha são registados manualmente em PDAs pelas equipas que estão no terreno a desenvolver esta atividade de recolha. Por este procedimento ser efetuado manualmente torna-se suscetível a erros de digitação ou enganos de outra natureza.

Todavia para efeitos deste estudo assumiu-se que os dados registados estão corretos.

### **4.3.1 Programa de cálculo do tempo médio (em dias) previsto de enchimento dos ecopontos com base nas recolhas**

O próximo passo consiste no desenvolvimento de um programa que calcula a previsão média mensal correspondente ao número de dias que leva um ecoponto a ficar completo.

O estudo é realizado com base nos dados migrados para a base de dados do SAP. Como foi analisado anteriormente, estes dados consistem na informação dos ecopontos e respetivo histórico de recolhas efetuadas no ano de 2010.

Este programa é constituído por dois procedimentos.

O primeiro procedimento tem como objetivo analisar cada registo da tabela referente às recolhas (ZGETM\_RECOLHAS) e identificar se na correspondente recolha o ecoponto se encontra com a sua capacidade esgotada.

Por outras palavras, se o registo em estudo apresentar uma percentagem de enchimento de 50% e a recolha anterior indicava um enchimento de 25%, então considera-se este registo como irrelevante pois o ecoponto ainda não se encontra esgotado.

Se ao contrário, o ecoponto já tiver um nível de enchimento de 25% e a recolha seguinte apresentar um nível de enchimento de 75% (ou superior), então assume-se que o ecoponto se encontra esgotado e calcula-se a duração temporal entre o momento em que o ecoponto se encontrava vazio até ao momento do registo em estudo.

O valor obtido é colocado no registo da tabela onde foi verificado o nível de enchimento superior ou igual a 100%.

Este procedimento tem ainda em consideração que se existirem produtos por fora do ecoponto, adiciona-se 25% ao nível de enchimento atual do equipamento.

Outra situação relevante consiste nos casos em que o nível do enchimento é superior a 100%. Por exemplo se a recolha anterior indicou um nível de 50% e a recolha imediatamente seguinte apresentou um nível de 75%, obtém-se que o nível atual desse ecoponto é de 125%.

Nestes casos efetuam-se ajustamentos uma vez que o intervalo de tempo decorrido deverá ser menor, pois pretende-se estimar o número de dias que leva um ecoponto a ficar com a sua capacidade a 100%.



Na figura 4.9 observa-se que o registo com o código 943 apresentou um enchimento de 25% mas que foi suficiente para que o ecoponto ficasse esgotado. Identificou-se que o número de dias que levou este ecoponto a ficar com a sua capacidade completa foi de 3 dias.

**Tabela ZGETM\_RECOLHAS** **exibir**

MANDT	100
REGISTO	943
TURNO	102
CODIGO	103
CODIGOINTERNO	B0069
CODROTA	PE104
DESCROTA	Antigo 02 - Papel
DATA CIRCUITO	30.01.2010
DATA RECOLHA	30.01.2010
HORA RECOLHA	09:37:40
ENCHIMENTOECOP	25
ECOPRECOLHIDO	Sim
PRODFORA	Sim
NDIAS	3,00
FILEIRA	Papel




Figura 4.9: Exemplo de um registo na tabela de recolhas com a indicação do número de dias ocorrido desde a última recolha

O segundo procedimento é mais simples.

Neste passo o sistema obtém para cada ecoponto (e para cada mês) o número de dias que levou o equipamento a ficar esgotado (obtido no procedimento anterior) e efetua uma média tendo em conta o número de vezes que esse facto aconteceu. O valor obtido é registado na tabela ZGETM\_ENCHIM\_MES.

Um exemplo do resultado deste procedimento pode ser observado através da figura 4.10, onde se verifica que o ecoponto com o código 2 (fileira Vidro), para o mês de agosto de 2010, apresentou uma média de 14,4 dias necessários para esgotar a sua capacidade.

**Tabela ZGETM\_ENCHIM\_MES exil**

MANDT	100
CODIGO	2
FILEIRA	Vidro
MES	8
ANO	2010
N DIAS	14,40




Figura 4.10: Exemplo de um registo na tabela referente à previsão mensal correspondente ao número de dias estimado para esgotar a capacidade do ecoponto

Apresenta-se agora um detalhe mais técnico deste programa, através do apoio do respetivo pseudocódigo.

Foram utilizadas as seguintes variáveis do programa:

- *dataInicial* → data correspondente ao momento em que o ecoponto se encontra vazio (sem resíduos).
- *contagem* → variável que conta as percentagens de enchimento dos ecopontos em cada recolha, para se aferir o momento no qual o enchimento atinge ou passa os 100%
- *NDias* → número de dias que levou o ecoponto a ficar completo

Resumo do procedimento 1: Identifica-se o registo correspondente ao momento em que o ecoponto atingiu os 100% de nível de enchimento. No campo *NDias* desse registo é atualizada a informação referente ao número de dias que levou o ecoponto a ficar totalmente esgotado.

Apresenta-se o detalhe deste procedimento no seguinte pseudocódigo:

1. Obter e guardar numa tabela interna do programa os dados das recolhas registados anteriormente na base de dados
2. Ordenar os dados constantes na tabela interna por códigos dos ecopontos e por datas de recolha
3. Executar para cada registo da tabela interna:
  - a. Identificado novo código de ecoponto?
    - i. Se sim: Guarda na variável *dataInicial* a data de recolha deste registo  
Coloca a variável *contagem* a zero
  - b. Adicionar o nível de enchimento do registo atual à variável *contagem*
  - c. No caso de existir produto fora do ecoponto, acrescentar à variável *contagem* 25%
  - d. Valor da variável *contagem* é igual ou superior a 100%?
    - i. Se sim:
      - $\text{Variável } NDias = (\text{data da recolha atual} - \text{dataInicial}) * 100 / \text{contagem}$
      - $\text{contagem} = 0$
      - $\text{dataInicial} = \text{data da recolha atual}$
  - e. Atualizar o campo *NDias* da tabela ZGETM\_RECOLHAS da base de dados com a informação da variável do programa com o mesmo nome

Resumo do procedimento 2: Calcular o número médio mensal de dias de enchimento de cada ecoponto. Registrar esta informação na tabela ZGETM\_ENCHIM\_MES:

1. Para cada ecoponto, para cada mês, obter o somatório do número de dias em que se registou um nível de enchimento de 100%.
2. Efetuar a respetiva média tendo em conta a frequência total de ocorrências em que o ecoponto ficou com a sua capacidade esgotada.
3. Registo do resultado obtido na tabela ZGETM\_ENCHIM\_MES.

#### 4.4 Resultado final da previsão do número de dias para o enchimento dos ecopontos

No seguimento do programa desenvolvido e apresentado no ponto anterior, interessa obter uma listagem dos valores obtidos.

Neste sentido, desenvolveu-se um relatório que apresenta o número médio mensal de dias de enchimento de cada ecoponto. Na figura 4.11 apresenta-se um exemplo do referido relatório.

Listagem ecopontos

Código	Tipo	Descrição	Freguesia	Concelho	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
2	Ecoponto	METALBA Lda - Quinta Marmeladas...	Santo António da ...	Barreiro	0,00	0,00	0,00	0,00
12		Largo Alexandre Herculano - Barreiro	Barreiro	Barreiro	0,00	7,87	6,20	16,00
13		Avenida Bento Gonçalves - Campo J...	Barreiro	Barreiro	0,00	14,50	10,00	12,00
14		"Rua Camilo Castelo Branco - Café"	Barreiro	Barreiro	0,00	6,80	3,20	5,89
15		Avenida Bento Gonçalves - Piscina...	Barreiro	Barreiro	0,00	17,00	10,08	7,33
16		Rua D. Manuel de Mello - Estádio - B...	Barreiro	Barreiro	0,00	9,00	8,13	8,50
17		Rua Almirante Reis - Barreiro	Barreiro	Barreiro	0,00	3,14	4,02	4,78
18		Rua São João de Brito / Rua Álvaro V...	Barreiro	Barreiro	0,00	9,67	3,47	3,29
19		"Rua Miguel Bombarda - Restaurant...	Barreiro	Barreiro	0,00	2,79	2,71	2,52
20		Rua Manuel de Mello / Rua Stara Za...	Barreiro	Barreiro	0,00	4,44	4,22	4,20
21		"Rua Câmara Pestana - "Boleira do...	Barreiro	Barreiro	0,00	5,52	4,87	4,79
22		R. Bento de Jesus Caraça - Esc. Alfr...	Barreiro	Barreiro	0,00	0,00	0,00	0,00
23		Rua Miguel Pais - Barreiro	Barreiro	Barreiro	0,00	6,50	4,40	6,40
24		"R. General Norton de Matos - "Tran...	Barreiro	Barreiro	0,00	0,00	0,00	0,00
25		Rua José Elias Garcia - Junta Fregu...	Barreiro	Barreiro	1,00	2,73	2,42	3,45
26		Rua Stara Zagora - Barreiro	Barreiro	Barreiro	0,00	2,60	2,69	2,75
27		Rua Heliodoro Salgado / Rua Alfred...	Barreiro	Barreiro	2,00	2,84	2,65	0,00
28		R. São João Deus / R. Manuel Pach...	Alto do Seixalinho	Barreiro	0,00	2,53	3,13	3,30
29		Rua da Bandeira - Biblioteca - Barreiro	Barreiro	Barreiro	0,80	2,40	2,29	2,59
30		Rua Miguel Pais, Nº 68 - Barreiro	Barreiro	Barreiro	1,00	2,32	2,56	3,11
31		"Avenida da República - Restaurant...	Barreiro	Barreiro	0,00	3,66	3,77	4,51
32		"Rua do Brasil - Grupo "Os Leças" ...	Alto do Seixalinho	Barreiro	0,00	1,96	2,02	1,86
33		Rua Dr. Manuel Pacheco Nobre / Ru...	Alto do Seixalinho	Barreiro	0,00	3,18	1,91	1,88
34		R. Pedro Álvares Cabral / Rua Voz O...	Alto do Seixalinho	Barreiro	0,00	4,02	2,27	2,22
35		"Rua D. Paulo da Gama (Nascente) ...	Alto do Seixalinho	Barreiro	0,00	2,38	2,44	1,94
36		Rua Professor João Prates - Verder...	Verderena	Barreiro	1,00	2,46	2,04	2,06
37		"Rua Teresa Borges - "Oásis" - Alto...	Alto do Seixalinho	Barreiro	2,00	2,20	2,47	2,88
38		Rua Júlio Diniz / R. Piloto Nasciment...	Verderena	Barreiro	1,00	2,36	1,95	2,60
39		R. Prof. Joaquim Vicente França / R. ...	Verderena	Barreiro	2,00	2,95	2,62	3,14
40		"Av. Mov. Forças Armadas - Café "C...	Alto do Seixalinho	Barreiro	0,67	2,25	2,09	2,66
41		Praceta Gomes Teixeira - Escola Ca...	Alto do Seixalinho	Barreiro	0,80	2,10	2,02	2,09
42		Rua Cap. Tenente Oliveira Carmo - O...	Santo André	Barreiro	1,00	2,17	1,88	2,05
43		Rua Quinta dos Arcos - Quinta da Lo...	Santo André	Barreiro	1,00	3,41	3,25	4,34
44		"R. Lopo Soares de Albergaria - Stan...	Santo André	Barreiro	1,00	2,16	2,58	2,78
45		Rua Américo da Silva Marinho, Nº 38...	Lavradio	Barreiro	1,00	3,06	3,03	4,53

Figura 4.11: Exemplo do relatório que contém a lista com o número médio mensal de dias de enchimento de cada ecoponto

Esta informação permitirá analisar o comportamento dos ecopontos em cada mês com vista à otimização das rotas de recolha.

À medida que se vão registando dados de outros anos, estas análises estatísticas poderão ser detalhadas e aprofundadas permitindo o enriquecimento das conclusões acerca da velocidade de enchimento dos ecopontos, e tomar portanto decisões mais assertivas.

Esta fase do projeto revela-se de uma extrema importância, pois de facto quanto mais exatas forem as previsões melhor se consegue otimizar as rotas, pelo que o aprofundamento deste modelo no futuro revela-se um procedimento chave de todo o processo.

## 5 Problema de otimização de rotas de veículos (VRP)

O problema em estudo consiste na obtenção do conjunto de rotas otimizadas para recolher os resíduos dos diversos ecopontos em cada dia. Assim, pretende-se que as rotas obtidas minimizem a distância a percorrer respeitando diversas restrições que serão analisadas mais à frente no trabalho.

Os cenários clássicos de otimização de rotas de veículos referem-se normalmente a algoritmos de otimização de rotas de entrega de bens entre os armazéns e os clientes [TV01]. Na situação em estudo, pode-se considerar que cada ecoponto corresponde a um cliente e que o procedimento em causa consiste na recolha de resíduos em alternativa à entrega dos bens.

Pode então concluir-se que se está na presença de um problema usual de otimização de rotas de veículos.

Cada rota consiste no percurso partindo de um determinado ponto, a sede, seguindo várias ligações para recolher os resíduos dos diversos ecopontos, retornando por fim à sede para descarregar a mercadoria recolhida.

Para cada dia em estudo é analisado o nível de enchimento de cada ecoponto. Se o valor obtido for superior a um parâmetro previamente definido pelo planeador, o respetivo ecoponto é classificado como relevante e portanto será incluído numa rota gerada pela aplicação.

Porém, o próprio planeador poderá indicar como relevantes para recolhas ecopontos mesmo que estes não atinjam o nível de enchimento esperado mínimo definido. Esta possibilidade é muito importante pois permite incluir a sensibilidade do gestor no processo.

Face ao exposto, identifica-se claramente a restrição que consiste na imposição de que os resíduos dos ecopontos marcados como relevantes (de forma manual pelo planeador ou automaticamente pelo sistema) devem ser obrigatoriamente recolhidos no dia em estudo.

Simultaneamente, as diversas restrições operacionais devem também ser respeitadas, como a capacidade máxima de um veículo, o número limitado de veículos, o limite dos colaboradores existentes, o tempo de trabalho disponível de cada colaborador etc...

O objetivo final de todo o estudo consiste em minimizar os custos associados a este processo.

O custo relativo à recolha seletiva está dividido em três componentes: os combustíveis, as horas de mão-de-obra e as manutenções das viaturas. Todos estes elementos estão diretamente associados com a distância e duração das rotas.

Dentro deste cenário, existem vários subtipos associados ao VRP. O mais habitual e clássico está associado ao VRP com restrição de capacidade (CVRP). Outros exemplos são o VRP com restrição de janela temporal ou o VRP com *Backhauls* (VRPB) [TV01].

Sinteticamente, no VRPB existem dois subconjuntos de locais que o veículo tem de visitar. Um subconjunto refere-se a clientes *Linehaul* onde é necessário entregar produtos e o subconjunto *Backhaul* onde se pretende recolher produtos. As rotas geradas deverão visitar ambos os tipos de clientes, existindo uma restrição que indica que todos os clientes *Linehaul* deverão ser servidos antes de qualquer cliente *Backhaul*.

O objetivo no VRPB consiste em obter os circuitos com o mínimo custo que garantam as seguintes restrições:

- Cada circuito visita o depósito
- Cada cliente é visitado exatamente uma vez
- A procura total dos clientes *Linehaul* e *Backhaul* visitados pelo circuito não pode exceder, separadamente, a capacidade do veículo
- Como foi referido, todos os clientes *Linehaul* deverão ser visitados antes de qualquer cliente *Backhaul*

Dos vários subtipos de VRP's mencionados o VRP com restrição de capacidade aplica-se claramente ao problema em estudo, uma vez que a restrição principal do problema consiste no limite correspondente à capacidade dos veículos que efetuam as recolhas.

A aplicação deverá respeitar em primeira linha o limite da capacidade dos veículos, gerando dessa forma as rotas propostas para um determinado dia. O planeador deverá aprovar, diretamente na aplicação, as rotas a realizar.

Na mesma linha, as restrições associadas ao limite de horas de trabalho dos colaboradores, ao limite da capacidade da viaturas ou ainda a inclusão manual de ecopontos para que sejam incluídos nas rotas ficarão na responsabilidade do planeador. A aplicação informática deverá todavia disponibilizar a informação necessária para apoiar o planeador a este nível e automatizar o processo na medida do possível.

Assim, a restrição que se pretende ver tratada de forma automática consiste precisamente no limite da capacidade das viaturas.

Portanto, pretende-se desenvolver uma ferramenta que apresente algum automatismo, propondo as rotas a efetuar em cada dia. Adicionalmente, dada a natureza do problema em estudo, a solução apresentada deverá ser flexível e dinâmica permitindo que o planeador interaja com o sistema por forma a ajustar os resultados obtidos.

## **5.1 Formulação – Problema VRP com restrição de capacidade (CVRP)**

Tendo em conta a natureza do problema em estudo, optou-se nesta fase do trabalho por uma representação alternativa do problema, através da sua formulação matemática.

Esta formulação tem como base os grafos e a definição será apresentada no início do capítulo.

De seguida serão apresentadas as seguintes rúbricas do problema:

- Custos associados às distâncias a percorrer em cada rota
- Quantidades previstas a recolher em cada ecoponto
- O número de veículos necessários e respetivas capacidades de recolha
- Os recursos humanos intervenientes no processo
- Os tempos de deslocação entre cada par de ecopontos
- As rotas a obter através do modelo

A exposição da formulação matemática do problema é acompanhada por um exemplo concreto com vista à clarificação de toda a informação.

### **5.1.1 Grafos**

O problema em estudo, como foi referido, assenta no âmbito de um problema de otimização de rotas de veículos com restrição de capacidade (CRVP).

Um problema CRVP é usualmente representado por um grafo.

Seja então o grafo representado por  $G = (V, A)$ .

Neste grafo considera-se que  $V$  corresponde ao conjunto dos vértices, sendo este descrito por:  $\{0, \dots, n\}$ . Considera-se que o vértice 0 corresponde à sede e que os restantes vértices correspondem aos diversos ecopontos, sendo que “n” o número total de ecopontos.

Por fim, considera-se que  $A$  representa o conjunto das arestas do grafo, denominadas neste trabalho por “arcos”. Cada arco representa a deslocação entre o ecoponto (vértice) de origem do arco e o ecoponto (vértice) destino do arco.

Considere-se o seguinte exemplo constituído pela sede com 5 ecopontos.

Tem-se então o respetivo grafo  $G = (V, A)$ , onde  $V = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$  onde o 0 corresponde à sede e os restantes elementos representam cada um dos ecopontos. Sendo ainda  $A$  o conjunto das arestas que seria constituído pelos arcos resultantes das diversas combinações entre os vários elementos de  $V$ .



Obtém-se o grafo representado graficamente na figura 5.1.

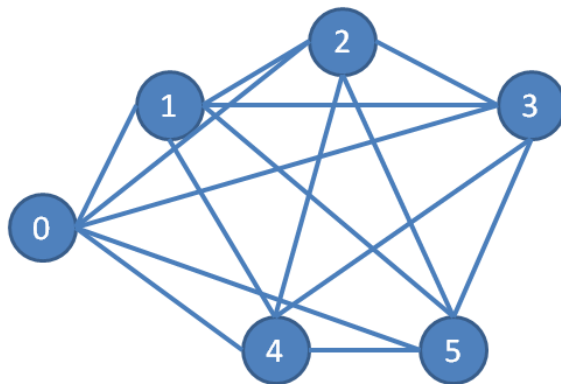


Figura 5.1: Grafo completo com  $V = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$  onde 0 corresponde à sede

Representa-se o arco que liga dois vértices “i” e “j” pela seguinte expressão:  $(i, j)$ . Por exemplo, o arco que contempla os vértices 1 e 2, será representado por  $(1, 2)$ .

Uma rota é composta por um conjunto de arcos sendo representada da seguinte forma:  $\{(i, j), (k, l)\}$ . Esta rota passa pelos seguintes vértices: i, j, k, l.

Outra representação mais simplificada das rotas consiste na seguinte expressão:  $(i, j, k, l)$ . Esta representa exatamente a mesma rota i, j, k, l.

### 5.1.2 Custos

O custo de um arco corresponde ao custo necessário para efetuar a deslocação entre os seus dois vértices. Este custo é usualmente representado por  $C_{ij}$ , sendo que  $i$  e  $j$  são dois vértices (pertencentes a  $V$ ) e portanto  $(i, j)$  é um arco pertencente a  $A$ .

No problema em estudo, o custo representado por  $C_{ij}$  corresponderá exatamente à distância ente os dois vértices  $i$  e  $j$ .

Identifica-se que em cada aresta o custo  $C_{ij} \neq C_{ji}$ , dado que a distância entre dois pontos em cada sentido nem sempre é a mesma, devido por exemplo a percursos de sentido único. No entanto, considerou-se que esta situação iria tornar o problema ainda mais complexo, ficando a execução da heurística mais lenta sem que por isso se obtenha ganhos relevantes. De relembrar que o objetivo final do projeto consiste na apresentação de uma solução com tempos de resposta aceitáveis, para que o responsável da gestão deste processo possa usufruir de forma rápida aos resultados disponibilizados pela aplicação.

Desta forma considera-se portanto que  $C_{ij} = C_{ji}$  (para todo o  $i, j$  pertencentes a  $V$ ), sendo por isso a matriz de custos  $C$  simétrica.

Considera-se portanto o problema em estudo como um problema CVRP simétrico, sendo representado por SCVRP.

No exemplo em estudo (figura 5.1), apresentam-se as distâncias em metros entre cada par de pontos.

	Sede	Ecoponto 1	Ecoponto 2	Ecoponto 3	Ecoponto 4	Ecoponto 5
Sede	-	280	310	200	250	340
Ecoponto 1		-	210	290	260	200
Ecoponto 2			-	380	200	320
Ecoponto 3				-	300	270
Ecoponto 4					-	250
Ecoponto 5						-

Tabela 5.1: Distâncias em metros entre cada par de pontos

Assim, por exemplo  $c_{01} = 280$  metros ou  $c_{23} = 380$  metros.

### 5.1.3 Quantidades (previstas) a recolher

Como foi referido, cada vértice do grafo corresponde a um ecoponto que tem uma previsão de enchimento, ou seja, existe uma previsão da quantidade de resíduos a recolher nessa infraestrutura.

Considera-se que a quantidade (prevista) a recolher do ecoponto  $i$  é representada por  $d_i$ .

Naturalmente,  $d_0 = 0$ , por outras palavras, a quantidade de resíduos a recolher da sede será obviamente nula.

Seja o conjunto  $S \subseteq V$  um conjunto de vértices.  $d(S)$  corresponderá à quantidade total prevista a recolher para os ecopontos pertencentes a esse conjunto.  $d(V)$  corresponde portanto à quantidade total prevista a recolher no modelo.

Mantendo-se o mesmo exemplo, apresentam-se as quantidades estimadas de resíduos a recolher em cada ecoponto na tabela 5.2.

Ecopontos	Qt. Resíduos (m3)
Ecoponto 1	37
Ecoponto 2	35
Ecoponto 3	30
Ecoponto 4	25
Ecoponto 5	32

Tabela 5.2: Quantidade estimada de resíduos a recolher em cada ponto

Seguindo a notação adotada tem-se por exemplo que  $d_1 = 37 \text{ m}^3$  e  $d(V) = 159 \text{ m}^3$ .

#### 5.1.4 Veículos

Considera-se  $K$  como a quantidade de veículos com capacidade de recolha  $L$ , disponíveis para efetuar as recolhas. Para o protótipo a desenvolver, considera-se que cada veículo apresenta a mesma capacidade de recolha para cada execução do algoritmo. Será no entanto disponibilizada na aplicação a possibilidade de se manipular o parâmetro referente à capacidade dos veículos. Desta forma o gestor poderá simular os resultados de acordo com determinada capacidade dos veículos.

Por outras palavras, o planeador poderá aplicar o algoritmo para um determinado valor fixo de capacidade de carga dos veículos. Perante os resultados obtidos, poderá aprovar algumas rotas geradas.

De seguida, poderá alterar o parâmetro correspondente à capacidade dos veículos e aplicar novamente o algoritmo para os ecopontos que não foram abrangidos pelas rotas anteriormente aprovadas. Desta forma obtém-se novas rotas respeitando o novo valor definido para o limite de capacidade dos veículos.

A aplicação não permitirá que exista um determinado ecoponto  $i$  em que  $d_i > L$ , pois desta forma significaria que a quantidade de resíduos de um determinado ecoponto seria superior à capacidade de recolha dos veículos, o que implicaria que nunca seria possível recolher esse ecoponto ou em alternativa teria de se efetuar várias recolhas a esse mesmo ecoponto. Esta situação não é de facto realista, pelo que a condição será imposta.

Como já foi anteriormente referido, a solução a disponibilizar terá sempre como base a possibilidade de o planeador ter a liberdade de ajustar e adaptar as soluções de acordo com a sua sensibilidade. Assim, a solução não irá limitar as rotas ao número de veículos disponíveis. O sistema irá apresentar as rotas otimizadas permitindo ao planeador ajustar os dados de acordo com o que considerar mais adequado e dessa forma definir os veículos necessários.

Por último, teremos que  $K \cdot L \cdot n$  corresponde à capacidade total de recolha do sistema, sendo que a variável  $n$  corresponderá ao número de vezes que os veículos serão utilizados, dado que um veículo poderá ser utilizado mais que uma vez no mesmo dia.

### 5.1.5 Recursos humanos

Existe ainda a restrição ao modelo referente aos recursos humanos, tendo em conta que as equipas disponíveis e o seu tempo de trabalho são limitados.

Cada equipa tem um número máximo de horas que poderá trabalhar por dia. O planeador poderá gerir as equipas disponíveis e alocá-las em turnos.

Seja:

- $h$  o número de horas disponíveis de trabalho por dia das diversas equipas.
- $t$  o número de equipas existentes para o dia em análise.

Tem-se então que  $t * h$  corresponde à capacidade (em horas) de mão-de-obra disponível.

A restrição a impor ao modelo passa por indicar que cada rota não deverá ter um tempo previsto superior ao número de horas de trabalho disponíveis ( $h$ ).

Efetuaram-se algumas simulações e cálculos simples permitindo verificar que o tempo que leva a realizar uma determinada rota não excede o tempo normal de trabalho de uma equipa.

Por exemplo, considerem-se os seguintes dados:

- Tempo de trabalho disponível: 8 horas
- Capacidade de recolha dos veículos:  $20 \text{ m}^3$
- Capacidade de enchimento dos ecopontos:  $2,5 \text{ m}^3$
- Nível de enchimento médio esperado: 50%

Tem-se desta forma uma rota contendo um número médio de 16 ecopontos, obtido através da divisão da capacidade da viatura pelo enchimento esperado de cada ecoponto ( $20/(2,5\text{m}^3*50\%)$ ). Seria portanto necessário que o tempo de deslocação entre cada ecoponto somado ao tempo de recolha dos seus resíduos fosse superior a  $\frac{1}{2}$  hora (8 horas / 16 ecopontos), o que é muito improvável como será analisado posteriormente nas simulações efetuadas.

Uma vez que não é espectável que uma rota exceda o total de tempo disponível de trabalho de cada equipa, o processo de aprovação das rotas introduz aqui uma mais-valia que permitirá ao planeador efetuar a gestão das rotas de acordo com os recursos disponíveis.

Relativamente ao exemplo que tem sido apresentado, considere-se que existem duas equipas disponíveis, em que cada uma trabalha 8 horas por dia, ou seja:

- $h = 8$  horas
- $t = 2$  equipas

### 5.1.6 Tempo de deslocação

Uma variável de extrema importância consiste no tempo de deslocação entre cada par de ecopontos. É com base nesta informação que se obtém o tempo total esperado de uma rota. Esta informação é muito relevante na gestão das rotas, permitindo ao gestor atribuir as equipas às rotas de acordo com o tempo estimado de cada rota e do horário disponível de cada equipa.

Considere-se o seguinte parâmetro:

$w_a$ ,  $a \in A$  o tempo de deslocação (em minutos) correspondente ao arco  $a$

Sendo “ $a$ ” constituído pelos vértices  $i$  e  $j$ , ou seja  $a = (i, j)$ , pode-se ter também a seguinte notação para o mesmo parâmetro:

$w_{ij}$  o tempo de deslocação (em minutos) entre o ponto  $i$  e o  $j$

Todavia, o tempo total de uma rota não é calculado simplesmente tendo em conta o tempo de deslocação entre cada par de ecoponto. Tem de se ter também em consideração o tempo médio correspondente à ação de recolher os resíduos de cada ecoponto. Esta informação consiste num parâmetro a definir pelo planeador diretamente na aplicação.

Seja para este efeito:

$R$  o tempo médio (em minutos) de recolha dos resíduos dos ecopontos

Assim, o tempo total de uma rota (em minutos) de recolha de resíduos de um conjunto de ecopontos pertencentes a um conjunto  $B$  será obtido da seguinte forma:

$$\text{Tempo total de uma rota} = \sum_{b \in B} (w_b + R) - R, B \subseteq A$$

Nota: No final da expressão é retirado o valor correspondente ao tempo médio de recolha dos resíduos dos ecopontos, visto que na sede não são recolhidos ecopontos. Ainda se ponderou manter este valor nesta situação, uma vez que na sede os resíduos terão de ser descarregados. Considerou-se no entanto que a rota acaba assim que a viatura chega à sede não tendo em conta o descarregamento da mercadoria.

Para efeitos do exemplo, considerem-se os tempos de deslocação entre cada ecoponto apresentados na tabela 5.3.

	Sede	Ecoponto 1	Ecoponto 2	Ecoponto 3	Ecoponto 4	Ecoponto 5
Sede	-	5,19	5,74	3,70	4,63	6,30
Ecoponto 1		-	3,89	5,37	4,81	3,70
Ecoponto 2			-	7,04	3,70	5,93
Ecoponto 3				-	5,56	5,00
Ecoponto 4					-	4,63
Ecoponto 5						-

Tabela 5.3: Tempos de deslocação em minutos entre cada par de pontos

Define-se ainda que  $R = 5$  minutos, ou seja, o tempo médio de recolha dos resíduos de cada ecoponto corresponde a 5 minutos.

Tem-se por exemplo que  $w_{01} = 5,19$  minutos.

Se for considerada a rota  $\{(0, 1), (1, 2), (2, 0)\}$  obtém-se a seguinte duração total desta rota:

$$\text{Tempo total da rota} = (5,19 + 5) + (3,89 + 5) + (5,74 + 5) - 5 = 24,82 \text{ minutos}$$

### 5.1.7 Rotas

O modelo CVRP tem como objetivo gerar rotas de recolha seletiva dos resíduos, minimizando a distância percorrida e respeitando simultaneamente o limite da capacidade das viaturas.

Como foi anteriormente referido, um dos parâmetros base para a definição das rotas a efetuar consiste na quantidade estimada de resíduos de cada ecoponto. Considere-se então o parâmetro “ $d_i$ ” que consiste precisamente na quantidade esperada de resíduos relativo ao ecoponto “ $i$ ”.

Têm-se que em cada momento o sistema apresenta os “ $d_i$ ” para cada ecoponto  $i$ . Certamente alguns ecopontos terão  $d_i = 0$  ou com valores muito baixos. Nestes casos o planeador terá a possibilidade de indicar no sistema qual o valor a partir do qual um determinado ecoponto deverá ser obrigatoriamente incluído numa rota.

Como já foi referido, o gestor poderá ainda definir, de forma manual, um ecoponto como relevante para que dessa forma seja incluído numa rota recolha de resíduos.

Assim, cada ecoponto considerado como relevante para a recolha deverá ser visitado exatamente uma vez por uma determinada rota no dia em análise.

Ter-se-á também de ter em conta que cada rota deverá partir da sede e terminar no mesmo local.

Por último, a restrição principal do modelo indica que a quantidade (prevista) total recolhida não poderá ser superior à capacidade do veículo.

Com base nas restrições referidas, o sistema gera as rotas a realizar. A variável seguinte reflete para cada rota obtida os arcos que serão utilizados:

- $X_{ij} \rightarrow$  Toma valor 1 nos casos em que o veículo passa pelo arco  $(i, j)$  na solução obtida e 0 nos casos contrários.

A rota apresentada no subcapítulo anterior consistia na seguinte:

$$\{(0, 1), (1, 2), (2, 0)\}$$

Assim, se esta rota fosse uma solução do problema ter-se-ia:

$$X_{01} = 1; x_{12} = 1; x_{20} = 1$$



## 5.2 *Formulação matemática*

A formulação matemática aqui apresentada permite uma estruturação formal do problema.

Como foi referido anteriormente, algumas restrições serão geridas pelo planeador e não diretamente pela aplicação. Neste sentido, as restrições estão então organizadas em dois grupos, um primeiro conjunto em que a restrição é garantida de forma automática pela aplicação e um segundo grupo contendo as restrições da responsabilidade do planeador.

Síntese das variáveis e parâmetros do modelo:

- $V \rightarrow$  Conjunto dos vértices que correspondem ao conjunto dos ecopontos considerados relevantes para a recolha
- $i = 0 \in V \rightarrow$  Sede, vértice de partida e de chegada de cada rota
- $A \rightarrow$  Conjuntos dos arcos, que corresponde à ligação entre cada par de ecopontos
- $G = (V, A) \rightarrow$  Grafo contemplando o conjunto dos vértices  $V$  e o conjunto dos arcos  $A$
- $c_{ij} \geq 0$ , com  $i, j \in V \rightarrow$  Custo de deslocação entre o vértice  $i$  e o vértice  $j$  (não negativo)
- $C \rightarrow$  Matriz de custos (simétrica)
- $x_{ij} \in \{0, 1\}$ , com  $i, j \in V \rightarrow$  Variável que toma valor 1 nos casos em que o veículo passa pelo arco  $(i, j)$  e zero nos casos contrários.
- $K \rightarrow$  Quantidade de veículos de recolha disponíveis
- $d_i \rightarrow$  Quantidade esperada de resíduos do ecoponto  $i$
- $L \rightarrow$  Capacidade recolha dos veículos (valor fixo para todos os veículos)
- $h \rightarrow$  Número de horas disponíveis de trabalho das diversas equipas
- $t \rightarrow$  Número de equipas existentes para o dia em análise
- $w_{ij} \rightarrow$  Tempo de deslocação (em minutos) entre o ponto  $i$  e o  $j$
- $R \rightarrow$  Tempo médio (em minutos) de recolha dos resíduos de cada ecoponto

Função objetivo:

$$\text{Minimizar } \sum_{i \in V} \sum_{j \in V, j > i} c_{ij} x_{ij}$$

Restrições a implementar na aplicação:

- Imposição de que apenas dois arcos estão associados a cada vértice (ecoponto)

$$\sum_{h < i} x_{hi} + \sum_{j > i} x_{ij} = 2, \forall i \in V \setminus \{0\}$$

- Garantir a conectividade da solução e respeitar os limites da capacidade de recolha dos veículos [TV01]

$$\sum_{i \in S} \sum_{h < i; h \notin S} x_{hi} + \sum_{i \in S} \sum_{j > i; j \notin S} x_{ij} \geq 2r(S), \forall S \subseteq V \setminus \{0\}, S \neq \emptyset$$

Onde  $r(S)$  representa o número mínimo de veículos necessários para recolher os ecopontos contidos em  $S$ .

- Valores possíveis para a variável  $x$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}$$

Restrições da responsabilidade do planeador das rotas:

Como foi referido, algumas restrições ficam sob a responsabilidade do planeador das rotas, pois cabe a este responsável gerir e ajustar os resultados fornecidos pela aplicação de forma a respeitar as várias condicionantes.

Neste âmbito, a aplicação fornece informação detalhada das rotas geradas sendo que o planeador pode utilizar os parâmetros disponíveis para ajustar as rotas de acordo com o seu entendimento. Mais à frente neste documento detalha-se os diversos parâmetros existentes.

Assim, a formulação destas restrições tem apenas como objetivo a validação de resultados e estruturação da informação. Optou-se por isso por uma simplificação da sua formulação matemática.

Apresentam-se então as várias restrições:

- Limite do número de rotas tendo em conta o número de veículos disponíveis

$$\sum_{j \in V \setminus \{0\}} x_{0j} \leq 2K$$

- O tempo total das rotas atribuídas a uma equipa terá de ser inferior ao horário de trabalho dessa equipa

$$\text{Tempo total das rotas de uma equipa} \leq h$$

- Duração total das rotas deverá ser inferior à capacidade total de trabalho das equipas

$$\text{Duração total das rotas} \leq h * t$$

Posteriormente, no seguimento do exemplo que tem vindo a ser apresentado, serão geradas as respetivas rotas. Nessa altura estas restrições serão verificadas.

### 5.3 *Heurística Adotada* – Clarke and Wright Savings Algorithm

Após a análise de vários algoritmos utilizados no âmbito deste tipo de problemas, optou-se por uma abordagem através da utilização do algoritmo *Clarke and Wright Savings* com a versão *Parallel*.

A razão pela qual este algoritmo foi selecionado deve-se ao facto de consistir no método mais conhecido e utilizado na resolução de VRPs [WJG01]. Adicionalmente, também se verificou que respondia às necessidades e restrições do problema em estudo.

Este algoritmo integra-se no âmbito dos métodos construtivos para a resolução de problemas de otimização de rotas de veículos (VRP).

Por constituir uma heurística, este método não vai ao encontro necessariamente de uma solução ótima do problema. No entanto, segundo a documentação existente e os testes efetuados, os resultados obtidos constituem soluções interessantes.

A adoção de uma heurística em detrimento de uma solução exata deve-se essencialmente aos tempos de resposta que são necessários disponibilizar, tendo em conta o cenário em estudo. Relembra-se que o modelo a adotar para a gestão das rotas deve ser dinâmico e disponibilizado em modo *on-line*, pelo que a escolha de uma heurística apresenta-se como uma melhor solução.

É certo que não serão obtidas necessariamente soluções ótimas, precisamente pela utilização de uma heurística. Todavia, a mais-valia associada à disponibilização de bons tempos de resposta apresenta-se como um requisito fundamental.

Procede-se agora à apresentação detalhada do funcionamento da heurística.

Inicia-se esta exposição pela indicação da noção de Poupança (*Savings*) sobre a qual toda a execução do algoritmo assenta. Assim, na fase inicial do algoritmo é gerada uma lista das várias poupanças que se podem obter por se juntar duas rotas numa só. Esta lista é ordenada por ordem decrescente, para que o algoritmo possa iniciar possíveis fusões de rotas começando pelas que disponibilizam maiores ganhos.

Concretizando esta explicação com um exemplo. Considerem-se as seguintes duas rotas:

$$(0, \dots, i, 0) \text{ e } (0, j, \dots, 0)$$

Estas poderão ser fundidas na seguinte rota:

$$(0, \dots, i, j, \dots, 0)$$

Visto que os arcos  $(i, 0)$  e  $(0, j)$  deixam de ser utilizados nesta nova rota, mas tendo em conta que o novo percurso correspondente ao arco  $(i, j)$  passa a ser incluído, tem-se portanto uma poupança de  $c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$  obtida na utilização da nova rota em substituição das duas anteriores.

Este processo pode ser visualizado graficamente através da figura 5.2, onde a vermelho encontram-se representados os arcos desprezados e a verde os arcos que compõem a nova rota.

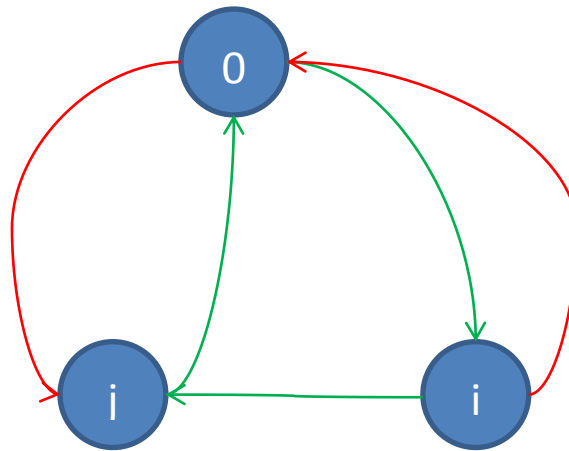


Figura 5.2: Exemplo de junção de duas rotas

Este algoritmo contempla então os seguintes passos:

#### Passo 1: Computação das poupanças

Inicia-se o processo através da criação de tantas rotas quanto os ecopontos existentes. Estas rotas consistem apenas na ligação da sede ao ecoponto e retorno, ou seja:

$$(0, i, 0) \text{ para todo } i \in V \setminus \{0\}$$

De seguida obtêm-se todas as poupanças a partir das junções possíveis das rotas.

Sendo  $s_{ij}$  a poupança obtida através da junção de rotas contendo os ecopontos  $i$  e  $j$ , esta pode ser representada da seguinte forma:

$$s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}, \text{ com } i, j \in V \setminus \{0\} \text{ e } i \neq j$$

As poupanças encontradas são então ordenadas de forma decrescente.

### Passo 2: Melhor junção admissível (versão paralela)

Utilizando a lista de poupanças obtida no passo anterior, executa-se o seguinte procedimento a partir do topo da lista (da maior poupança para a menor poupança).

Sendo  $s_{ij}$  a poupança em análise (a maior poupança atual), determinar se existem duas rotas contendo os ecopontos  $i$  e  $j$  que possam ser fundidas de forma admissível. Se existir, então combinam-se estas duas rotas através da eliminação dos arcos constituídos por  $(i, 0)$  e  $(0, j)$  e acrescentando o arco  $(i, j)$ .

Considera-se que duas rotas contendo, respetivamente, os ecopontos  $i$  e  $j$  podem ser fundidas de forma admissível, se estes ecopontos estiverem precisamente adjacentes à sede. Nos casos em que os ecopontos se encontrem a meio das suas rotas, e portanto não adjacentes à sede, não é possível efetuar-se a respetiva junção.

Igualmente uma junção que contenha dois ecopontos já pertencentes à mesma rota é considerada não admissível e portanto ignorada pelo algoritmo.

Note-se que no início do processo, em que cada rota é constituída pela sede e por apenas um ecoponto, todas as junções são admissíveis.

Estes procedimentos, que se definiram como junções, são efetuados até que não existam mais poupanças disponíveis.

A denominação de “versão paralela” deve-se ao facto de o algoritmo gerar diversas rotas em simultâneo (em paralelo) durante a sua execução.

## **5.4 Clarke and Wright Savings Algorithm – Apresentação de exemplo**

Neste capítulo dá-se sequência ao exemplo que tem vindo a ser apresentado ao longo da exposição do projeto.

Na análise em estudo são considerados 5 ecopontos. O objetivo consiste em obter as rotas necessárias para recolher os resíduos destes ecopontos, sendo que as rotas devem iniciar e terminar na sede.

Tem-se portanto:

O grafo  $G = (V, A)$ , com  $V = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$  onde 0 corresponde à sede, os restantes elementos correspondem a cada um dos ecopontos. O conjunto  $A$  consiste no grupo das arestas que representam a ligação entre cada par de pontos (ecopontos e sede).

Na tabela 5.4 apresentam-se as distâncias entre cada par de pontos. Como anteriormente referido consideram-se estas distâncias simétricas.

$C_{ij}$	Sede	Ecoponto 1	Ecoponto 2	Ecoponto 3	Ecoponto 4	Ecoponto 5
Sede	-	280	310	200	250	340
Ecoponto 1		-	210	290	260	200
Ecoponto 2			-	380	200	320
Ecoponto 3				-	300	270
Ecoponto 4					-	250
Ecoponto 5						-

Tabela 5.4: Distância em metros entre cada par de pontos

Os tempos de deslocação entre cada par de ecopontos encontram-se indicados na tabela 5.5.

$W_{ij}$	Sede	Ecoponto 1	Ecoponto 2	Ecoponto 3	Ecoponto 4	Ecoponto 5
Sede	-	5,19	5,74	3,70	4,63	6,30
Ecoponto 1		-	3,89	5,37	4,81	3,70
Ecoponto 2			-	7,04	3,70	5,93
Ecoponto 3				-	5,56	5,00
Ecoponto 4					-	4,63
Ecoponto 5						-

Tabela 5.5: Tempos de deslocação em minutos entre cada par de pontos

Um outro dado essencial para a resolução do problema consiste na quantidade estimada de resíduos a recolher em cada ecoponto, disponível na tabela 5.6.

Ecopontos	Qt. Resíduos (m3) - $d_i$
Ecoponto 1	37
Ecoponto 2	35
Ecoponto 3	30
Ecoponto 4	25
Ecoponto 5	32

Tabela 5.6: Quantidade estimada de resíduos a recolher em cada ponto

Considera-se a existência de duas viaturas de recolha em que cada uma tem a capacidade de  $100 \text{ m}^3$ :

- $K = 2$
- $L = 100 \text{ m}^3$

Neste exemplo consideram-se duas equipas disponíveis em que cada uma trabalha 8 horas por dia, ou seja:

- $h = 8$  horas
- $t = 2$  equipas

Por fim, define-se uma duração de 5 minutos como o tempo médio correspondente ao processo de recolha dos resíduos de cada ecoponto, ou seja:

$$R = 5 \text{ minutos}$$

Aplicando o algoritmo ao exemplo apresentado:

#### 1. Criação das rotas iniciais:

Estas rotas consistem na ligação entre a sede e cada um dos ecopontos (ida e volta), disponível na tabela 5.7.

	Rota	Custo	Quantidade $\text{m}^3$	Duração (min)
Rota 1:	$\{(0, 1), (1,0)\}$	560	37	15,37
Rota 2:	$\{(0, 2), (2,0)\}$	620	35	16,48
Rota 3:	$\{(0, 3), (3,0)\}$	400	30	12,41
Rota 4:	$\{(0, 4), (4,0)\}$	500	25	14,26
Rota 5:	$\{(0, 5), (5,0)\}$	680	32	17,29

Tabela 5.7: Rotas obtidas na primeira iteração do exemplo em estudo.



## 2. Obtenção das poupanças (*savings*):

Para cada possível junção de duas rotas calcula-se o respetivo custo poupado comparando com a possibilidade de se ter as duas rotas em separado.

Os valores obtidos podem ser consultados na tabela 5.8.

Junções:	<i>Saving</i>
1-5	420
1-2	380
2-4	360
4-5	340
2-5	330
1-4	270
3-5	270
1-3	190
3-4	150
2-3	130

Tabela 5.8: Lista com *Savings* obtidos do exemplo em estudo

Deve ser destacado o facto de que os *savings* são calculados apenas uma vez durante toda a execução do algoritmo. O algoritmo vai percorrendo a lista obtida com os diversos *savings* e com base nesses dados efetua as possíveis junções.

Este facto é de extrema importância, pois pretende-se que o sistema tenha um bom tempo de execução.

3. Efetuar junções de acordo com a lista de poupanças obtida e ordenada por ordem decrescente:

- a. Junção 1-5:

Obtém-se a rota  $\{(0, 1), (1, 5), (5, 0)\}$

A lista atual das rotas é apresentada na tabela 5.9.

	Rota	Custo	Quantidade m <sup>3</sup>	Duração (min)
Rota 2:	$\{(0, 2), (2, 0)\}$	620	35	16,48
Rota 3:	$\{(0, 3), (3, 0)\}$	400	30	14,41
Rota 4:	$\{(0, 4), (4, 0)\}$	500	25	14,26
Rota 6:	$\{(0, 1), (1, 5), (5, 0)\}$	820	69	25,19

Tabela 5.9: Rotas obtidas na segunda iteração do exemplo em estudo

- b. Junção 1-2:

Obtém-se a rota  $\{(0, 2), (2, 1), (1, 5), (5, 0)\}$ , ficando com as rotas representadas na figura 5.10.

	Rota	Custo	Quantidade m <sup>3</sup>	Duração (min)
Rota 3:	$\{(0, 3), (3, 0)\}$	400	30	14,41
Rota 4:	$\{(0, 4), (4, 0)\}$	500	25	14,26
Rota 7:	$\{(0, 2), (2, 1), (1, 5), (5, 0)\}$	1060	104	33,63

Tabela 5.10: Rotas obtidas na terceira iteração do exemplo em estudo

Verifica-se que a quantidade esperada de resíduos a recolher ultrapassa a capacidade de 100 m<sup>3</sup> do veículo.

Esta junção é portanto desprezada e nesse sentido retorna-se à solução anterior.

## c. Junção 2-4:

Obtém-se a rota  $\{(0, 2), (2, 4), (4, 0)\}$

Na figura 5.11 encontra-se disponível a lista atual das rotas atualizada com a nova junção.

	Rota	Custo	Quantidade m <sup>3</sup>	Duração (min)
Rota 3:	$\{(0, 3), (3, 0)\}$	400	30	14,41
Rota 6:	$\{(0, 1), (1, 5), (5, 0)\}$	820	69	25,19
Rota 7:	$\{(0, 2), (2, 4), (4, 0)\}$	760	60	24,07

Tabela 5.11: Rotas obtidas na quarta iteração do exemplo em estudo

## d. Junção 4-5:

Esta junção não é viável uma vez que será gerada uma rota que irá recolher uma quantidade estimada de 129 que excede a capacidade do veículo.

## e. Junção 2-5:

Esta junção não é viável uma vez que será criada uma rota que irá recolher uma quantidade estimada de 129 que excede a capacidade do veículo.

## f. Junção 1-4:

Esta junção não é viável uma vez que será gerada uma rota que irá recolher uma quantidade estimada de 129 que excede a capacidade do veículo.

## g. Junção 3-5:

Obtém-se a rota  $\{(0, 1), (1, 5), (5, 3), (3, 0)\}$

Na figura 5.12 encontra-se disponível a lista atual das rotas atualizada com a nova junção.

	Rota	Custo	Quantidade m <sup>3</sup>	Duração (min)
Rota 6:	$\{(0,1),(1,5),(5,3),(3,0)\}$	950	99	32,59
Rota 7:	$\{(0,2),(2,4),(4,0)\}$	760	60	24,07

Tabela 5.12: Rotas obtidas na oitava iteração do exemplo em estudo.

## h. Junção 1-3:

Esta junção não é admissível pois estes dois ecopontos já se encontram definidos na mesma rota.

## i. Junção 3-4:

Esta junção não é viável uma vez que será criada uma rota que irá recolher uma quantidade estimada de 159 que excede a capacidade do veículo.

## j. Junção 2-3:

Esta junção não é viável uma vez que se obterá uma rota que irá recolher uma quantidade estimada de 159 que excede a capacidade do veículo.

Obtém-se a solução final composta pelas seguintes rotas:

- $\{(0,1),(1,5),(5,3),(3,0)\}$
- $\{(0,2),(2,4),(4,0)\}$

Esta solução apresenta uma distância total de 1710 metros.

Na figura 5.3 é apresentado o grafo de acordo com as duas rotas obtidas (a vermelho e a verde).

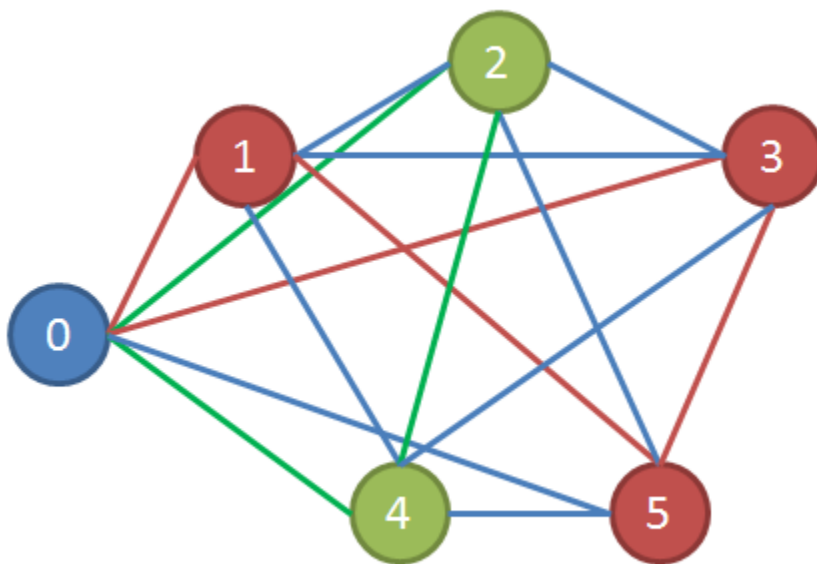


Figura 5.3: Grafo obtido de acordo com as duas rotas geradas

Terminada a execução do algoritmo analisam-se na tabela 5.13 os valores da variável do problema, representada a vermelho a primeira rota e a verde a segunda.

$X_{ij}$	Sede	Ecoponto 1	Ecoponto 2	Ecoponto 3	Ecoponto 4	Ecoponto 5
Sede	0	1	1	1	1	0
Ecoponto 1		0	0	0	0	1
Ecoponto 2			0	0	1	0
Ecoponto 3				0	0	1
Ecoponto 4					0	0
Ecoponto 5						0

Tabela 5.13: Valores obtidos para a variável  $x$  para as duas rotas obtidas

Por último, é interessante verificar se as restrições que ficam a cargo do planeador são respeitadas na solução final obtida.

Tem-se portanto os seguintes resultados:

- Limite do número de rotas tendo em conta o número de veículos disponíveis

Obtiveram-se duas rotas, sendo que no problema foram disponibilizadas duas viaturas. Portanto esta restrição encontra-se salvaguardada. Adicionalmente verifica-se que as duas rotas obtidas têm uma duração curta, portanto o planeador poderá ainda optar por efetuar as duas rotas sequencialmente utilizando a mesma viatura para o efeito.

- O tempo total das rotas atribuídas a uma equipa, terá de ser inferior ao horário de trabalho dessa equipa

Como foi referido no ponto anterior, a duração verificada para as duas rotas obtidas não é superior à duração dos turnos. Neste caso poder-se-ia optar por um turno sequencial ou dois turnos paralelos.

- Duração total das rotas deverá ser inferior à capacidade total de trabalho das equipas

Face ao exposto no ponto anterior verifica-se que esta validação é também respeitada.

## 6 Implementação da aplicação

O capítulo anterior centrou-se na apresentação do problema em estudo, tendo sido efetuada a respetiva formulação matemática. Foi também incluída uma explicação do algoritmo adotado para a gestão das rotas.

Pretende-se nesta fase avançar com a implementação informática da aplicação que permitirá organizar a gestão das rotas de recolha seletiva dos resíduos.

Esta fase inicia-se com a obtenção dos dados base que suportam a aplicação, correspondendo à distância e tempos de deslocação entre cada par de ecopontos.

Posteriormente segue-se a apresentação técnica associada à implementação de dois programas informáticos. Um primeiro programa implementa diretamente o algoritmo *Clarke and Wright*, disponibilizando as necessárias classes no âmbito da programação orientada por objetos.

Com base nas referidas classes, segue-se a implementação de uma outra aplicação que corresponde ao objetivo essencial do trabalho e que consiste num protótipo de um painel de gestão de rotas.

A explicação técnica dos programas referidos é acompanhada pela respetiva descrição funcional, permitindo ao leitor obter a informação da forma como a sua utilização é realizada e como as funcionalidades disponibilizadas encontram-se estruturadas.

### 6.1 *Obtenção de informação das distâncias e tempos de deslocação entre ecopontos*

No sentido de se iniciar o estudo de otimização das rotas, é necessário obter as distâncias e tempos de deslocação entre cada par de ecopontos.

Para esse efeito, utiliza-se a ferramenta *Google.Maps* (<http://maps.google.com/>) que apresenta, de uma forma simples, a informação referida. Adicionalmente, esta aplicação *web* tem uma utilização livre não originando por isso qualquer tipo de encargo financeiro para a empresa.

Através da documentação da *Google* sobre esta matéria, [WMAP12] é possível encontrar o *url* (*Uniform Resource Locator*) necessário para se obter a informação relacionada com a distância e tempo de deslocação entre dois ecopontos, a partir dos seus dados georreferenciados.

Assim, utiliza-se a seguinte estrutura de *url*:

```
http://maps.google.com/m/directions?  
saddr="latitude ecoponto1","longitude ecoponto1" &  
daddr=="latitude ecoponto2","longitude ecoponto2"
```

Por exemplo, tendo os seguintes ecopontos:

- Ecoponto 580 em Alcochete com as seguintes coordenadas: 38.729538, -8.846429
- Ecoponto 587 em Alcochete com as seguintes coordenadas: 38.774659, -8.882349

Aplicando-se o seguinte url:

<http://maps.google.com/m/directions?saddr=38.72953800000000,-8.84642900000000&daddr=38.77465900000000,-8.88234900000000>

Obtendo-se a seguinte página apresentada na figura 6.1.



Figura 6.1: Página do *Google.Maps* com exemplo de dados referentes à distância entre dois ecopontos

Podemos constatar que a distância e tempo de deslocação entre estes ecopontos são apresentados na página de internet obtida, neste caso 17,5 quilómetros separam os dois ecopontos com o tempo estimado de viagem de 19 minutos.



Para evitar tempos de resposta mais demorados e simultaneamente permitir alguma independência futura entre a aplicação e o *Google.Maps*, considera-se que as informações associadas com as distâncias e tempos de deslocação entre ecopontos devem ficar registadas na base de dados do SAP.

Apresenta-se a respetiva caracterização relacional da tabela criada para este efeito [WIBD]:

distancia(ecoponto.codigo1, ecoponto.codigo2, distancia, unidade\_medida\_distancia, tempo, unidade\_medida\_tempo, url)

O nome da tabela no SAP é ZGETM\_DIST. Na figura 6.2 podem ser consultados os respetivos dados técnicos da tabela retirados diretamente do SAP.

Tabela transp.

ZGETM\_DIST

ativo

Descrição breve

Distância + tempo entre ecopontos

Características

Entrega e atualização

Campos

Entres.possíveis

✂

📄

📄

📄

📄

📧

📧

📧

📧

🔑

Aj.p/pes.

Tipo

Campo	Chv	Val...	Elemento dados	Tipo de...	Compr	Ca
MANDT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MANDT	CLNT	3	
CODIGO1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	INT4	INT4	10	
CODIGO2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	INT4	INT4	10	
DISTANCIA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DEC07	DEC	7	
UM_DIST	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR5	CHAR	5	
TEMPO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DEC07	DEC	7	
UM_TEMPO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR5	CHAR	5	
ZURL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ZCHAR255	CHAR	255	
ERRO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR1	CHAR	1	
ATUALIZADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR1	CHAR	1	
CONCELHO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR50	CHAR	50	
CONCELHO_OK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR1	CHAR	1	
RELEVANTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR1	CHAR	1	

Figura 6.2: Representação técnica da tabela SAP que contém os registos referentes à distância e tempo de deslocação entre cada par de ecopontos

Após a criação da tabela desenvolve-se um programa que acede ao *site* do *Google.Maps* para obter e registar na referida tabela a informação referente à distância e tempo de deslocação entre cada par de ecopontos.

Devido ao grande número de ecopontos em estudo, o processo de obtenção destas informações é de facto muito demorado.

Assim, numa primeira fase opta-se por criar grupos independentes de ecopontos. Apenas dentro de cada grupo são obtidas as respetivas distâncias e tempos de deslocação entre os seus ecopontos.

Cria-se então um grupo para cada concelho.

A tabela 6.1 indica o número de ecopontos em cada concelho. Adicionalmente nesta tabela apresentam-se as combinações de cada dois ecopontos existentes em cada concelho, indicando o número de acessos necessários a efetuar ao *Google.Maps*.

Concelhos	nº ecopontos	Combinações ecopontos
Barreiro	414	85.491
Moita	355	62.835
Alcochete	111	6.105
Montijo	342	58.311
Palmela	353	62.128
Setúbal	536	143.380
Sesimbra	238	28.203
Almada	944	445.096
Seixal	826	340.725
<b>Total</b>	<b>4119</b>	<b>1.232.274</b>

Tabela 6.1: Lista com o número de ecopontos em cada concelho

O programa desenvolvido para obtenção da informação referente à distância e tempo de deslocação entre cada par de ecopontos é executado em paralelo para os vários concelhos, permitindo minimizar o tempo associado à recolha desta informação.

Numa segunda fase aplica-se o programa para se obter informações entre ecopontos de concelhos distintos mas pertencentes à área de planeamento de Palmela. Foram então obtidas informações para os seguintes concelhos: Alcochete, Barreiro, Moita, Montijo, Palmela e Setúbal.

A informação pertencente à área de planeamento do Seixal não faz parte do âmbito deste estudo, podendo no entanto ser incluída posteriormente caso assim seja entendido.

Adicionalmente é ainda necessário obter as distâncias dos vários ecopontos à sede.

O programa de recolha desta informação utiliza a função “HTTP GET” para chamar a página da internet com os dados pretendidos. Esta função tem apenas um único parâmetro de entrada que consiste no “URL” construído a partir das coordenadas dos ecopontos (como visto anteriormente).

Por outras palavras, esta função “HTTP GET” disponibiliza o método “GET” associado ao protocolo de comunicação “HTTP”, que permite solicitar através de um “URL” uma determinada informação”.

Esta função devolve informação em texto concatenado. É necessário analisar e interpretar estes dados para retirar apenas a informação relevante, ou seja a distância e o tempo de deslocação.

Na figura 6.3 apresenta-se a informação obtida através da aplicação da função “HTTP GET” com o “URL” do exemplo anteriormente apresentado.

Marcado a verde encontram-se os dados relevantes para o problema em estudo.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>#<!DOCTYPE wml PUBLIC "-//WAPFORUM//DTD WML
1.2//EN" "http://www.wapforum.org/DTD/wml12.dtd"># <wml> <head> <meta http-equiv="Content-
Type" content="text/vnd.wap.
wml; charset=UTF-8"/> <meta http-equiv="Cache-Control" content="no-cache"/> </head> <card
title="Pesquisa Google"> <onevent type="onenterforward"> <refresh> <setvar name="dirflg" value=""/>
</refresh>
</onevent> <p>  </p> <p> </p> <p> Estrada desconhecida <br/> 17,5 km - cerca de <b>19 mins</b>
<br/>
InÃ-cio: N4 <br/> <a href="/m/directions?saddr=38.729538000000000,-
8.846429000000000&amp;daddr=38.7746590000
0000,-8.882349000000000&amp;ri=0&amp;si=0">1 </a>. Seguir <b>oeste</b> em frente <b>N4</b> -
4,2 km <br/> <a href="/m/directions?saddr=38.729538000000000,-
8.846429000000000&amp;daddr=38.774659000000000,-
8.882349000000000&amp;ri=0&amp;si=1">2 </a>. Na rotunda, seguir pela <b>1.ª</b> saÃ-da - 550 m
<br/> <a href="/m/directions?saddr=38.729538000000000,-
8.846429000000000&amp;daddr=38.774659000000000,-8.88
2349000000000&amp;ri=0&amp;si=2">3 </a>. Continuar em frente para <b>Estr. nacional 118</b> - 1,6
km <br/> <a href="/m/directions?saddr=38.729538000000000,-
8.846429000000000&amp;daddr=38.774659000000000,
-8.882349000000000&amp;ri=0&amp;si=3">4 </a>. Na rotunda, seguir pela <b>2.ª</b> saÃ-da - 3,2 km
<br/> <a href="/m/directions?saddr=38.729538000000000,-
8.846429000000000&amp;daddr=38.774659000000000,-8.
```

```

88234900000000&ri=0&si=4">5 </a>. Na rotunda, seguir pela <b>4.ª</b> saÃ-da para a
rampa da <b>IC3</b> para <b>Porto Alto/Montijo/SetÃ-bal/A12</b> - 350 m <br/> <a
href="/m/directions?saddr=
38.72953800000000,-8.84642900000000&daddr=38.77465900000000,-
8.88234900000000&ri=0&si=5">6 </a>. Permanecer Ã esquerda na bifurcaÃÃfo, seguir as
indicaÃÃµes para <b>Porto Alto</b> e con
vergir com <b>IC3</b> - 6,5 km <br/> <a href="/m/directions?saddr=38.72953800000000,-
8.84642900000000&daddr=38.77465900000000,-8.88234900000000&ri=0&si=6">7
</a>. Curva acentuada Ã direi
ta - 850 m <br/> <a href="/m/directions?saddr=38.72953800000000,-
8.84642900000000&daddr=38.77465900000000,-8.88234900000000&ri=0&si=7">8
</a>. Seguir pela 1.ª Ã esquerdaO destino encont
ra-se Ã direita - 270 m <br/> Fim: Estrada desconhecida <br/> </p> <p> <a
href="/m/directions?saddr=38.774659000
0000,-8.88234900000000&daddr=38.72953800000000,-8.84642900000000">Obter direcÃÃµes
opostas </a> </p> <p> De: <input name="saddr" size="8" emptyok="true"
value="38.72953800000000,-8.8464290000
0000"/> <br/> P/: <input name="daddr" size="8" emptyok="true" value="38.77465900000000,-
8.88234900000000"/> <br/> <select name="dirflg"> <option value="d"> De carro </option> <option
value="r"> De t
ransp. pÃb. </option> <option value="w"> A pÃ© </option> <option value="b"> De bicicleta </option>
</select> <anchor> <go href="/m/directions" method="get"> <postfield name="saddr"
value="$(saddr)"/>
<postfield name="daddr" value="$(daddr)"/> <postfield name="dirflg" value="$(dirflg)"/>
</go>Pesquisar </anchor> </p> <p> <a href="/m?sa=N">PÃgina Inicial do Google </a> <br/> <a
href="/support/m
obile/?p=search">Ajuda </a> <br/> Visualizar o Google em: <br/> MÃvel&nbsp; &nbsp; <a
href="/m/url?daddr=38.77465900000000,-
8.88234900000000&ei=7PQ_T7j4M925jAeJWg&q=/webhp?nomo%3D1&saddr
=38.72953800000000,-
8.84642900000000&site=directions&ved=0CAAQyQg&usg=AFQjCNGetuR1hWJam5LBIFn
mRUIXV4c-SA">ClÃssico </a> <br/> </p> <p> &#169;2012 - <a href="http://m.google.com/privacy?h
l=pt-PT">Privacidade </a> </p> </card>
</wml>#####
#####

```

Figura 6.3: Exemplo da informação obtida através da aplicação da função “HTTP GET”

Tendo sido obtidos os dados associados às distâncias e durações entre cada par de ecopontos, tal como foi referido, a informação é registada na base de dados SAP.

Na figura 6.4 apresenta-se o exemplo de um registo da tabela, neste caso associado com a informação obtida através da página do *Google.Maps* apresentada na figura 6.1.

**Tabela ZGETM\_DIST exibir**

MANDT	100
CODIGO1	580
CODIGO2	587
DISTANCIA	17,50
UM DIST	km
TEMPO	19,00
UM TEMPO	mins
ZURL	<a href="http://maps.google.com/m/directions?saddr=38.72953800000000,-8.84642900000000&amp;daddr=38.77465900000000,-8.88234900000000&amp;dirflg=d">http://maps.google.com/m/directions?saddr=38.72953800000000,-8.84642900000000&amp;daddr=38.77465900000000,-8.88234900000000&amp;dirflg=d</a>
ERRO	
ATUALIZADO	X
CONCELHO	Alcochete
CONCELHO OK	X
RELEVANTE	X

Figura 6.4: Exemplo de um registo referente à distância e tempo de deslocação entre dois ecopontos

## 6.2 Implementação da heurística

O âmbito deste capítulo consiste na modelação e implementação do algoritmo *Clarke and Wright Savings* com vista à obtenção de resultados que permitam definir as rotas de recolha dos ecopontos na empresa em estudo.

O desenvolvimento deste algoritmo utiliza a linguagem ABAP *Objects*, que como o próprio nome indica, consiste numa linguagem de programação orientada a objetos, composta essencialmente por classes, respetivos métodos e atributos.

As classes definidas neste contexto são as seguintes:

- Ecoponto – Identifica e caracteriza cada ecoponto.
- Arco – Consiste na definição de uma aresta que liga dois ecopontos.
- Rota – Esta classe define objetos que são constituídos por listas de arcos formando rotas de recolha dos resíduos.
- Junção de rota – Consiste na concatenação de duas rotas numa só, resultando da aplicação do algoritmo *Clarke and Wright Savings*.
- Controlador – Gere todo o processo associado com a aplicação do algoritmo.

No cenário real facilmente se identifica a existência dos objetos correspondentes aos ecopontos, arcos e rotas. Assim, a criação destas classes foi intuitiva e natural.

Por uma questão de organização do programa também se optou por considerar a junção de rotas como uma classe. Esta classe tem um atributo essencial que consiste na lista de rotas que resulta precisamente dessa junção. Assim, ao longo da execução do programa são efetuadas diversas junções de rotas criando-se as respetivas instâncias desta classe. Desta forma, para uma determinada junção, consegue-se obter a informação das rotas que foram concatenadas nessa junção, entre outras informações.

A classe controlador permite gerir todo o processo. Esta filosofia de organização foi apreendida através da disciplina do mestrado denominada de Desenvolvimento Centrado em Objetos (DCO). Nesta cadeira usualmente utilizava-se este tipo de classe precisamente para controlar a forma como as várias classes são enquadradas no âmbito do fluxo principal do programa.

A grande mais-valia neste tipo de organização dos programas (orientado a objetos) consiste no facto de se tornar possível a utilização das classes existentes num outro contexto, permitindo a reutilização do código.

Nos subcapítulos seguintes apresenta-se a modelação UML (*Unified Modeling Language*) das diversas classes implementadas, detalhando os seus métodos e atributos. Este tipo de modelação permite apresentar a organização de um programa de uma forma estruturada.

Devido à sua complexidade, alguns dos métodos são apresentados com um maior detalhe.

Previamente à apresentação das diversas classes é ainda definida a notação UML adotada.

### 6.2.1 Template da modelação em UML

A modelação UML segue a notação descrita na figura 6.5.

ZCL_TM_NOME_DA_CLASSE	
-	Atributo privado
+	Atributo público
-	Método privado
+	Método público

Figura 6.5: Notação adotada para a modelação UML

Cada classe é representada por uma caixa, sendo detalhada através da indicação dos seus atributos e métodos públicos (representado com o prefixo “+”) e privados (representado com o prefixo “-”).

Os atributos e métodos públicos são acessíveis por outros objetos. Por exemplo, o método “definir\_enchimento” (ver capítulo seguinte) pertencente à classe “ecoponto” é público. Assim, uma qualquer classe poderá criar uma instância da classe “ecoponto” e invocar este método para definir o seu nível atual de enchimento.

Ao contrário, os atributos e métodos privados apenas são acedidos dentro da própria classe. É recomendado que todos os atributos das classes sejam privados para garantir o encapsulamento da informação. A alteração da informação de atributos privados por outras classes externas deve ser efetuada através de métodos públicos.

Cada classe é identificada por um código com a seguinte estrutura:

ZCL\_TM\_NOME\_DA\_CLASSE

- Z → Indica que é uma classe não *standard* (desenvolvida à medida) do ERP SAP. Por outras palavras, este código indica que se trata de uma classe que não é fornecida pelo *software* SAP, tendo sido portanto criada pela empresa cliente.
- TM → Todo o desenvolvimento efetuado fica registado numa pasta, denominada de área de desenvolvimento. A área criada no âmbito do trabalho de mestrado ficou definida com o código “TM” indicando que se trata de um “Tese de **Mestrado**”.
- NOME DA CLASSE → Descritivo que identifica exatamente a natureza da classe.



### 6.2.2 Classe Ecoponto (ZCL\_TM\_ECOPONTO)

Esta classe representa o ecoponto, constituindo o objeto principal do modelo.

Para cada análise das rotas a efetuar em cada dia, são instanciados objetos desta classe para os vários ecopontos existentes.

Na tabela 6.2 apresenta-se uma representação UML da classe correspondente aos ecopontos, indicando-se os seus atributos e métodos.

ZCL_TM_ECOPONTO			
-	ecoponto	TYPE	zgetm_ecopontos
-	enchimento	TYPE	i
-	relevante	TYPE	char1
-	capacidade	TYPE	ztm_quantidades
-	enchimento_real	TYPE	i
-	recolhido	TYPE	char1
+	constructor	IMPORTING	im_ecoponto TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto
		IMPORTING	im_nivel_enchimento TYPE i
+	definir_enchimento	IMPORTING	im_enchimento TYPE i
+	obter_enchimento	EXPORTING	ex_enchimento TYPE i
+	obter_atributos	EXPORTING	ecoponto_atributos TYPE zgetm_ecopontos
+	comparar	IMPORTING	im_ecoponto TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto
		RETURNING	re_result TYPE i
+	obter_relevancia	RETURNING	re_capacidade TYPE ztm_quantidades
+	definir_relevancia	IMPORTING	im_relevante TYPE char1
+	obter_capacidade	RETURNING	re_capacidade TYPE ztm_quantidades
+	obter_enchimento_real	EXPORTING	ex_enchimento_real TYPE i
+	definir_enchimento_real	IMPORTING	im_enchimento_real TYPE i
+	definir_recolhido	IMPORTING	im_recolhido TYPE char1
+	obter_recolhido	RETURNING	re_recolhido TYPE char1

Tabela 6.2: Representação UML da classe Ecoponto

Detalhe dos atributos:

- `ecoponto` → Consiste numa estrutura análoga à tabela `ZGETM_ECOPONTOS` (ver capítulo 4.1). Contém informação que caracteriza os ecopontos.
- `enchimento` → Indica o nível do enchimento esperado do ecoponto.
- `relevante` → Indica se o ecoponto é ou não relevante para ser incluído numa rota de recolha de resíduos.
- `capacidade` → Capacidade em  $m^3$  de armazenamento de resíduos.
- `enchimento_real` → Nível de enchimento real registado no ecoponto no dia em análise.
- `recolhido` → Indica se os resíduos do ecoponto foram recolhidos no dia em análise.

Detalhe dos métodos:

- `constructor` → Este método inicializa diversos atributos sempre que esta classe é instanciada.
- `definir_enchimento` → Permite alterar/definir o nível de enchimento do ecoponto.
- `obter_enchimentos` → Disponibiliza o nível de enchimento do ecoponto.
- `obter_atributos` → Permite obter os atributos do ecoponto.
- `comparar` → Permite comparar se dois ecopontos são iguais. Se forem iguais devolve “1”, caso contrário devolve “0”. Considera-se que dois ecopontos são iguais se os respetivos códigos forem os mesmos.
- `obter_relevancia` → Obtém informação se o ecoponto é relevante para ser recolhido.
- `definir_relevancia` → Define se um ecoponto deve ser relevante ou não para constar numa rota de recolha.
- `obter_capacidade` → Obtém a capacidade em  $m^3$  de armazenamento de resíduos.
- `obter_enchimento_real` → Obtém o nível de enchimento real observado.
- `definir_enchimento_real` → Define o nível de enchimento real observado.
- `definir_recolhido` → Define se os resíduos do ecoponto foram recolhidos no dia em análise.
- `obter_recolhido` → Obtém a informação sobre se os resíduos do ecoponto foram recolhidos no dia em análise.

### 6.2.3 Classe Arco (ZCL\_TM\_ARCO)

Um arco representa a ligação entre dois ecopontos no âmbito de uma rota. Vários arcos sequenciais definem portanto uma rota.

Na tabela 6.3 apresenta-se uma representação UML da classe correspondente aos arcos, indicando-se os seus atributos e métodos.

ZCL_TM_ARCO			
-	ecop_ant	TYPE REF TO	zcl_tm_ecoponto
-	ecop_seg	TYPE REF TO	zcl_tm_ecoponto
-	Custo	TYPE	ztm_custo
-	Tempo	TYPE	ztm_tempo
-	custo_real	TYPE	ztm_custo
-	tempo_real	TYPE	ztm_tempo
+	constructor	IMPORTING	im_ecop_ant TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto
		IMPORTING	im_ecop_seg TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto
+	calcular_custo	EXPORTING	ec_custo TYPE ztm_custo
		EXPORTING	ex_tempo TYPE ztm_tempo
+	obter_ecopontos	EXPORTING	ex_ecop_ant TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto
		EXPORTING	ex_ecop_seg TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto
+	obtercusto	EXPORTING	ex_custo TYPE ztm_custo
+	comparar	IMPORTING	im_arco TYPE REF TO zcl_tm_arco
		RETURNING	re_result TYPE i
+	obter_tempo	EXPORTING	ex_tempo TYPE ztm_tempo
+	obter_custo_real	EXPORTING	ex_custo_real TYPE ztm_custo
+	obter_tempo_real	EXPORTING	ex_tempo_real TYPE ztm_tempo
+	definir_custo_real	IMPORTING	im_custo_real TYPE ztm_custo
+	definir_tempo_real	IMPORTING	im_tempo_real TYPE ztm_tempo

Tabela 6.3: Representação UML da classe Arco

Detalhe dos atributos:

- `ecop_ant` → Ecoponto de uma extremidade do arco.
- `ecop_seg` → Ecoponto de uma extremidade do arco.
- `custo` → Representa o custo esperado do arco, sendo que o custo depende apenas da distância (em metros) entre os dois ecopontos.
- `tempo` → Representa o tempo esperado de deslocação (em minutos) entre os dois ecopontos do arco.
- `custo_real` → Corresponde à distância real observada no momento da deslocação entre os dois ecopontos para se efetuar a recolha.
- `tempo_real` → Correspondente ao tempo real observado no momento da deslocação entre os dois ecopontos para se efetuar a recolha.

Detalhando os métodos:

- `constructor` → Este método inicializa diversos atributos sempre que esta classe é instanciada.
- `calcular_custo` → Método que efetua o cálculo da distância e o tempo de deslocação entre os ecopontos. A distância entre cada par de ecopontos representa o custo do modelo que se pretende minimizar.
- `obter_ecopontos` → Disponibiliza os ecopontos do arco.
- `obter_custo` → Disponibiliza o custo (distância) entre os ecopontos do arco.
- `comparar` → Compara se dois arcos são iguais. Se forem iguais devolve “1”, caso contrário devolve “0”. Considera-se que dois arcos são iguais se os seus ecopontos são os mesmos (independentemente da ordem em que se encontrem no arco).
- `obter_tempo` → Disponibiliza o tempo de deslocação entre os ecopontos do arco.
- `obter_custo_real` → Apresenta a distância entre os dois ecopontos (que compõem o arco) registada no momento da recolha.
- `obter_temp_real` → Apresenta o tempo de deslocação entre os dois ecopontos (que compõem o arco) registado no momento da recolha.
- `definir_custo_real` → Define a distância entre os dois ecopontos (que compõem o arco) registado no momento da recolha.
- `definir_tempo_real` → Define o tempo de deslocação entre os dois ecopontos (que compõem o arco) registado no momento da recolha.

### 6.2.4 Classe Rota (ZCL\_TM\_ROTA)

Esta classe permite instanciar objetos correspondentes às rotas.

Como já foi referido, cada rota representa o percurso a efetuar no âmbito da recolha dos resíduos dos ecopontos. Todos os percursos iniciam-se no ponto chamado sede e percorrem os diversos ecopontos para efetuar a recolha dos respetivos resíduos. No final da rota cada viatura regressa à sede.

Mais formalmente, uma rota é representada por um conjunto de arcos, sendo que cada um destes arcos é constituído por um par de ecopontos.

Na tabela 6.4 apresenta-se uma representação UML da classe correspondente as rotas, indicando-se os seus atributos e métodos.

ZCL_TM_ROTA			
-	lista_arcos	TYPE	ztl_lista_arcos
-	n_rota	TYPE	i
-	capacidade_utilizada	TYPE	Netwr
-	ecoponto_sede	TYPE REF TO	zcl_tm_ecoponto
-	tempo_estimado	TYPE	ztl_tempo
-	custo_estimado	TYPE	ztl_custo
-	tempo_recolha	TYPE	i
-	n_ecopontos	TYPE	i
-	n_rota_registado	TYPE	i
-	fileira	TYPE	char10
-	status	TYPE	char1
+	constructor	IMPORTING	im_n_rota TYPE i
		IMPORTING	im_capacidade_utilizada TYPE netwr
+	novo_arco	IMPORTING	im_lista_arcos TYPE REF TO zcl_tm_arco
+	apagar_arco	IMPORTING	im_arco TYPE REF TO zcl_tm_arco
+	arco_ecoponto_interior	IMPORTING	im_ecoponto1 TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto
		IMPORTING	im_ecoponto2 TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto
		EXPORTING	ex_arco TYPE REF TO zcl_tm_arco
+	reverter_rota		
+	obter_capacidade_utilizada	EXPORTING	ex_capacidade_utilizada TYPE netwr
+	comparar	IMPORTING	im_rota TYPE REF TO zcl_tm_rota
		RETURNING	value( re_result ) TYPE i
+	obter_n_rota	EXPORTING	ex_n_rota TYPE i
+	alterar_n_rota	IMPORTING	im_novo_n_rota TYPE i
+	copiar_arcos	IMPORTING	im_rota TYPE REF TO zcl_tm_rota

+	obter_lista_arcos	EXPORTING	ex_lista_arcos TYPE ztm_lista_arcos
+	obter_tempo_estimado	EXPORTING	ex_tempo_estimado TYPE ztm_tempo
+	obter_custo_estimado	EXPORTING	ex_custo_estimado TYPE ztm_custo
+	obter_n_ecopontos	RETURNING	value( re_n_ecopontos ) TYPE i
+	aprovacao	IMPORTING	im_equipa TYPE char10
		IMPORTING	im_data_recolha TYPE dats
		IMPORTING	im_fileira TYPE char10
		EXPORTING	ex_n_rota TYPE i
+	realizacao	IMPORTING	im_data_recolha TYPE dats
		IMPORTING	im_fileira TYPE char10
		IMPORTING	im_codigo TYPE int4
		IMPORTING	im_lista_arcos TYPE ztm_lista_arcos
		IMPORTING	im_equipa TYPE char10
+	obter_status	RETURNING	value( re_status ) TYPE char1
+	definir_status	IMPORTING	im_status TYPE char1
+	definir_enchimento_prev	IMPORTING	im_enchimento_prev TYPE netwr
-	obter_sede		

Tabela 6.4: Representação UML da classe Rota

## Detalhe dos atributos:

- lista\_arcos → Este atributo consiste numa tabela contendo os objetos da classe arco que constituem a rota.
- n\_rota → Identificador da rota enquanto prevista.
- capacidade\_utilizada → Capacidade prevista de resíduos para a rota (em m<sup>3</sup>).
- ecoponto\_sede → Corresponde à sede, ou seja, corresponde ao início e fim de cada rota.
- tempo\_estimado → Duração estimada da rota (em minutos).
- custo\_estimado → Custo estimado da rota (em metros).
- tempo\_recolha → Duração total observada (real) da rota (em minutos).
- n\_ecopontos → Número de ecopontos que constam na rota, incluindo a sede.
- n\_rota\_registado → Número identificativo da rota quando é aprovada e registada na base de dados.
- fileira → Indica o tipo de material a que corresponde a rota.
- status → Indica se a rota está prevista, aprovada ou realizada.

Detalhe dos métodos:

- `constructor` → Este método inicializa diversos atributos sempre que esta classe é instanciada.
- `novo_arco` → Acrescenta um novo arco à rota. Este procedimento incrementa o custo e a duração total da rota.
- `apagar_arco` → Apaga um determinado arco da rota. Este procedimento decrementa o custo e duração total da rota.
- `arco_ecoponto_interior` → Encontra a instância do arco constituído pelos ecopontos definidos como parâmetros de entrada do método.
- `reverter_rota` → Reverte uma rota.
- `obter_capacidade_utilizada` → Devolve o valor definido no atributo “capacidade\_utilizada”.
- `comparar` → Compara duas rotas. No caso de os respetivos códigos serem os mesmos então o método considera que são iguais devolvendo o valor 1, caso contrário considera que são distintos devolvendo o valor 0.
- `obter_n_rota` → Devolve o valor definido no atributo “n\_rota”.
- `alterar_n_rota` → Altera o valor do atributo “n\_rota”.
- `copiar_arcos` → Copia os arcos de uma outra rota.
- `obter_lista_arcos` → Obtém a lista de arcos que constituem a rota.
- `obter_tempo_estimado` → Obtém a duração estimada da rota (em minutos).
- `obter_custo_estimado` → Obtém a distância estimada da rota (em metros).
- `obter_n_ecopontos` → Apresenta o número de ecopontos presentes na rota.
- `aprovação` → Efetua a aprovação da rota, indicando a equipa que irá realizá-la. Este processo regista na base de dados a rota. Até este momento as rotas consistem apenas num planeamento gerado pela aplicação (em memória), não estando por isso registadas na base de dados.
- `realização` → Efetua o registo da realização da rota. Esta ação efetua o registo da informação na base de dados.
- `obter_status` → Apresenta o status da rota (planeado, aprovado ou realizado).
- `definir_status` → Permite alterar o status da rota.
- `definir enchimento_previsto` → Define o nível de enchimento previsto da rota.
- `obter_sede` → Obtém o ecoponto correspondente à sede.

Devido à complexidade do método “reverter\_rota” optou-se por detalhar a forma como foi implementado.

#### 6.2.4.1 Método “reverter\_rota”

O processo de reversão da rota consiste na definição de uma nova rota em que o sentido é invertido. Por exemplo considere-se a seguinte rota:

$$\text{Sede} \rightarrow E1 \rightarrow E2 \rightarrow \dots \rightarrow E_{n-1} \rightarrow E_n \rightarrow \text{Sede}$$

Ao aplicar-se este método, esta rota é invertida passando a ficar da seguinte forma:

$$\text{Sede} \rightarrow E_{n-1} \rightarrow E_n \rightarrow \dots \rightarrow E2 \rightarrow E1 \rightarrow \text{Sede}$$

Nota: A notação “En” indica que se trata do ecoponto “n”.

O algoritmo consiste nos seguintes passos:

- Inicia-se a leitura dos vários arcos da rota
- Identifica-se o arco em que o vértice final corresponde à sede. Suponha-se que esse arco é o seguinte:  $E_i \rightarrow \text{Sede}$ .
- Cria-se novo arco invertendo o arco obtido, passando o primeiro arco a ser constituído pelo seguinte:  $\text{Sede} \rightarrow E_i$ .
- No passo seguinte identifica-se o arco da rota que tem como vértice final o ecoponto  $E_i$ , sendo esse arco por exemplo constituído por  $E_j \rightarrow E_i$ . Encontrado esse arco cria-se um novo arco invertendo a ordem dos respetivos ecopontos:  $E_i \rightarrow E_j$ .
- Repete-se o procedimento anterior até que se obtenha como arco final a sede.
- Os novos arcos gerados correspondem a uma nova rota criada através da inversão da rota inicial.

Na figura 6.6 representa-se o fluxograma correspondente a este processo.



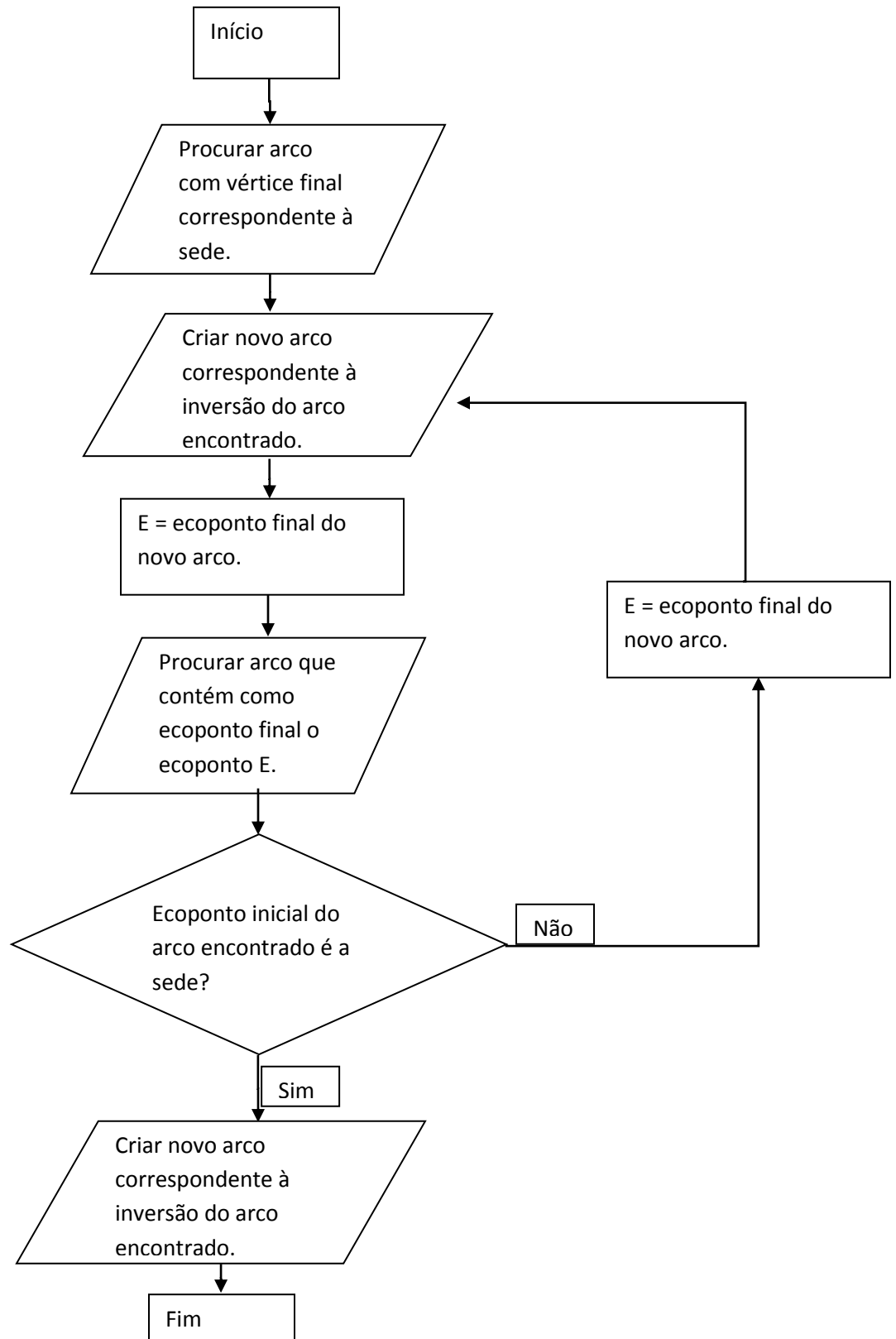


Figura 6.6: Fluxograma relativo ao algoritmo que reverte rotas

### 6.2.5 Classe Junção de Rotas (ZCL\_TM\_JUNCAO\_ROTAS)

Como foi referido, este algoritmo efetua sucessivamente junções de rotas até ao momento em que não existem mais junções admissíveis, parando nesse ponto a sua execução.

Esta classe foi criada com o objetivo de representar cada junção efetuada, apresentando entre outras informações as 2 rotas que foram concatenadas e respetivos ecopontos.

Para uma mais fácil apresentação desta classe, supõem-se a existência de duas rotas a concatenar, representadas na figura 6.7.

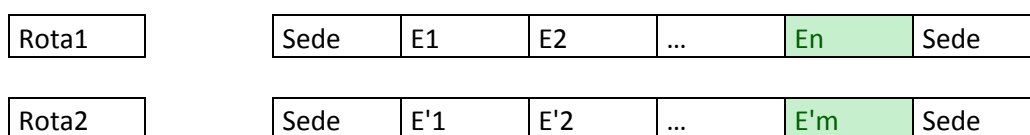


Figura 6.7: Exemplo de duas rotas a concatenar

Uma vez que os ecopontos En e E'm serão unidos através de um novo arco (En, E'm). Os arcos (En, Sede) e (E'm, Sede) serão desprezados.

Obtém-se então uma nova rota representada na figura 6.8.

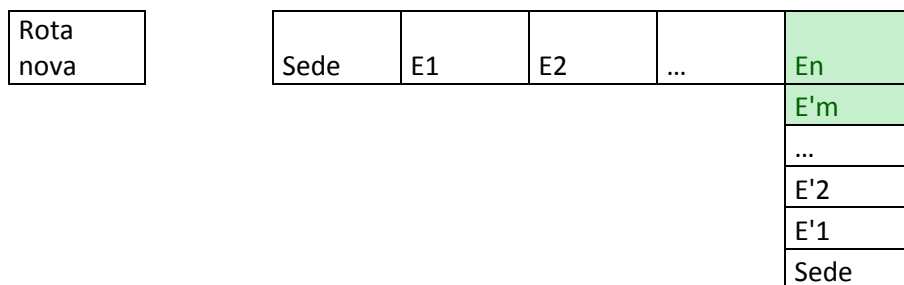


Figura 6.8: Exemplo de duas rotas concatenadas

Na tabela 6.5 apresenta-se uma representação UML da classe correspondente às junções, indicando-se os seus atributos e métodos.

ZCL_TM_JUNCAO_ROTAS			
-	lista_rotas	TYPE	ztm_lista_rotas
-	n_juncao	TYPE	i
-	rota1	TYPE REF TO	zcl_tm_rota
-	rota2	TYPE REF TO	zcl_tm_rota
-	ecoponto1	TYPE REF TO	zcl_tm_ecoponto
-	ecoponto2	TYPE REF TO	zcl_tm_ecoponto
-	capacidade_utilizada	TYPE	netwr
-	arco1	TYPE REF TO	zcl_tm_arco
-	arco2	TYPE REF TO	zcl_tm_arco
-	ecoponto_sede	TYPE REF TO	zcl_tm_ecoponto
-	nova_rota	TYPE REF TO	zcl_tm_rota
+	constructor	IMPORTING	im_rota1 TYPE REF TO zcl_tm_rota
		IMPORTING	im_rota2 TYPE REF TO zcl_tm_rota
		IMPORTING	im_ecoponto1 TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto
		IMPORTING	im_ecoponto2 TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto
		IMPORTING	im_capacidade TYPE netwr
		IMPORTING	im_arco1 TYPE REF TO zcl_tm_arco
		IMPORTING	im_arco2 TYPE REF TO zcl_tm_arco
		IMPORTING	im_n_juncao TYPE i
+	preparar_juncao		
+	trocar_rotas		
+	efetuar_juncao	IMPORTING	TYPE REF TO zcl_tm_ctr_clarke_wright
-	obter_sede		
+	obter_atributos	EXPORTING	TYPE i
		EXPORTING	TYPE REF TO zcl_tm_rota
		EXPORTING	TYPE REF TO zcl_tm_rota
		EXPORTING	TYPE REF TO zcl_tm_arco
		EXPORTING	TYPE REF TO zcl_tm_arco
		EXPORTING	TYPE netwr
		EXPORTING	TYPE REF TO zcl_tm_rota
+	obter_lista_rotas	EXPORTING	TYPE ztm_lista_rotas

Tabela 6.5: Representação UML da classe Junção de Rotas

Detalhe dos atributos:

- `lista_rotas` → Consiste na lista das rotas existentes imediatamente após a junção ter sido efetuada.
- `n_juncao` → Corresponde ao código identificador da junção.
- `rota1` → Corresponde a uma das rotas a concatenar.
- `rota2` → Corresponde a uma das rotas a concatenar.
- `ecoponto1` → Indica um dos dois ecopontos que constitui a base da junção.
- `ecoponto2` → Indica um dos dois ecopontos que constitui a base da junção.
- `capacidade_utilizada` → Guarda a informação da capacidade prevista utilizada (em m<sup>3</sup>) nas rotas presentes na junção. Este atributo é de extrema importância uma vez que apenas se concretiza a rota se o seu valor não exceder a capacidade da viatura.
- `arco1` → Indica um dos arcos que irá ser concatenado.
- `arco2` → Indica um dos arcos que irá ser concatenado.
- `ecoponto_Sede` → Apresenta a informação da Sede. A Sede, por se tratar de um vértice do grafo, é tratada como se fosse um ecoponto, dando origem portanto a uma instância do tipo “ecoponto”. Por este motivo é muitas vezes denominado por “ecoponto Sede”.
- `nova_rota` → Indica a nova rota criada pela concatenação das duas rotas.

Detalhe dos métodos:

- `constructor` → Este método inicializa os vários atributos cada vez que se cria uma instância desta classe. O método “preparar\_junção” é também executado sempre que o método constructor é invocado.
- `trocar_rotas` → Troca a ordem das duas rotas presentes na junção.
- `preparar_juncao` → Prepara a junção através da ordenação das rotas a concatenar.
- `efetuar_juncao` → Efetua a junção tendo em conta os arcos identificados para o efeito.  
Este método realiza os seguintes passos:
  1. Elimina os dois arcos, tal como identificado na fase da preparação da junção.
  2. Cria novo arco para a junção
  3. Produz nova rota juntando as duas rotas e utilizando o arco criado para esse efeito
- `Obter_sede` → Obtém o ecoponto sede
- `Obter_Atributos` → Devolve a informação dos vários atributos da classe
- `Obter_lista_rotas` → Devolve a lista das rotas depois de a junção ter sido efetuada

Devido à complexidade do método “preparar\_juncao” optou-se por detalhar a forma como se encontra implementado.

### 6.2.5.1 Método “preparar\_juncao”

Este método efetua um conjunto de procedimentos preparativos necessários à junção de duas rotas.

Apresentam-se os diversos passos que compõem este método:

1. Uma junção implica desprezar dois arcos e criar um novo arco. Nesta fase obtêm-se os quatro ecopontos pertencentes aos dois arcos identificados na fusão da rota.

Em cada um dos arcos existe obrigatoriamente uma extremidade correspondente à Sede, visto que um arco é admissível para ser utilizado na fusão das rotas se um dos seus pontos for precisamente a Sede.

2. Identificam-se as extremidades dos arcos onde se encontram os dois pontos Sede, se no início se no fim.
3. De acordo com as várias situações possíveis efetuam-se os seguintes procedimentos:
  - a. No caso de a sede se encontrar representada no início dos dois arcos, será necessário reverter a rota do arco que contém o primeiro ecoponto, invocando o método “reverter\_rota” da classe “Rota”.

A figura 6.9 apresenta duas rotas nas condições referidas.

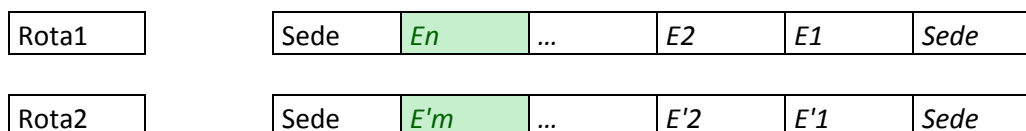


Figura 6.9: Exemplo de duas rotas a concatenar, sendo que a primeira terá de ser invertida

Tal como descrito é necessário reverter a rota correspondente ao primeiro ecoponto. Esta situação é apresentada na figura 6.10.

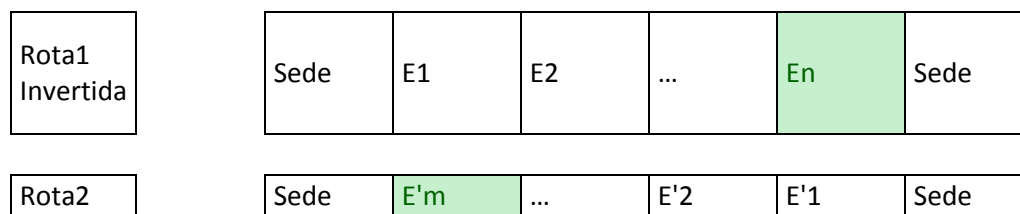


Figura 6.10: Exemplo de duas rotas a concatenar, sendo que a primeira foi invertida

A ligação será efetuada através da criação do arco (En, E'm), sendo desprezados os arcos (En, Sede) e (Sede, E'm).

- b. Caso em que a sede se encontra representada no fim dos dois arcos.

Nesta situação será necessário reverter a rota do arco que contém o segundo ecoponto, invocando o método “reverter\_rota” da classe “Rota”.

Na figura 6.11 apresentam-se as duas rotas iniciais e na figura 6.12 representam-se as mesmas rotas onde o procedimento “reverter\_rota” foi aplicado na segunda rota.

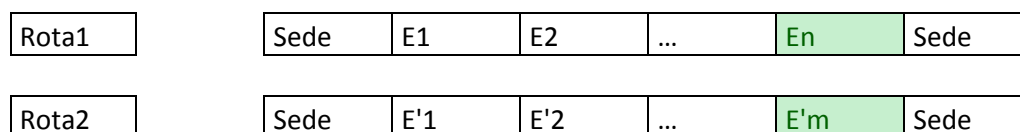


Figura 6.11: Exemplo de duas rotas a concatenar, sendo que a segunda terá de ser invertida

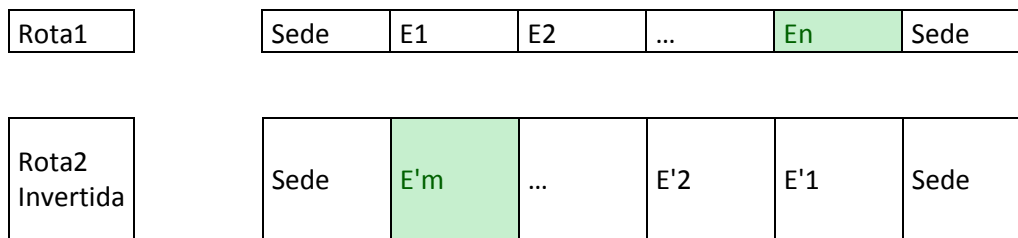


Figura 6.12: Exemplo de duas rotas a concatenar, sendo que a segunda foi invertida

A ligação será feita através da criação do arco (En, E'm), sendo desprezados os arcos (En, Sede) e (Sede, E'm).

- c. Caso em que a sede se encontra representada no início do primeiro arco e no fim do segundo arco.

Nesta situação será necessário efetuar a troca das duas rotas, invocando o método “trocar\_rotas” da classe “Juncao\_rotas”.

Na figura 6.13 apresentam-se as duas rotas iniciais e na figura 6.14 representam-se as mesmas rotas onde o procedimento “trocar\_rotas” foi aplicado.

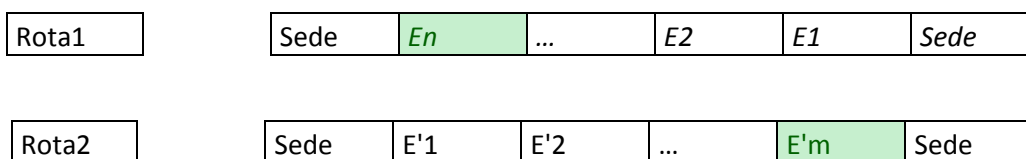


Figura 6.13: Exemplo de duas rotas a concatenar, sendo que serão sujeitas a uma troca de posições

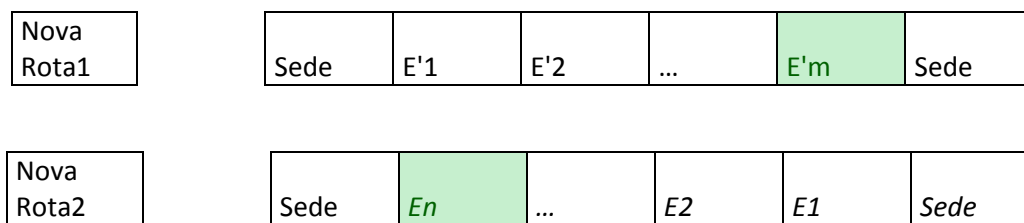


Figura 6.14: Exemplo de duas rotas a concatenar, sendo que foi efetuada uma troca de posições

A ligação será feita através da criação do arco (E'm, En), sendo desprezados os arcos (E'm, Sede) e (Sede, En).

- d. Caso em que a sede se encontra representada no fim do primeiro arco e no início do segundo arco.

Neste caso não é necessário qualquer ajustamento para efetuar a respetiva junção de rotas. A figura 6.15 apresenta duas rotas com as condições referidas.

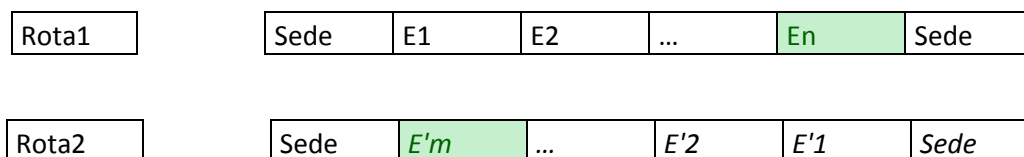


Figura 6.15: Exemplo de duas rotas a concatenar, sendo que não será necessário qualquer ajustamento

A ligação será feita através da criação do arco (En, E'm), sendo desprezados os arcos (En, Sede) e (Sede, E'm).



Na figura 6.16 apresentação o fluxograma explicativo do método “preparar\_juncao”.

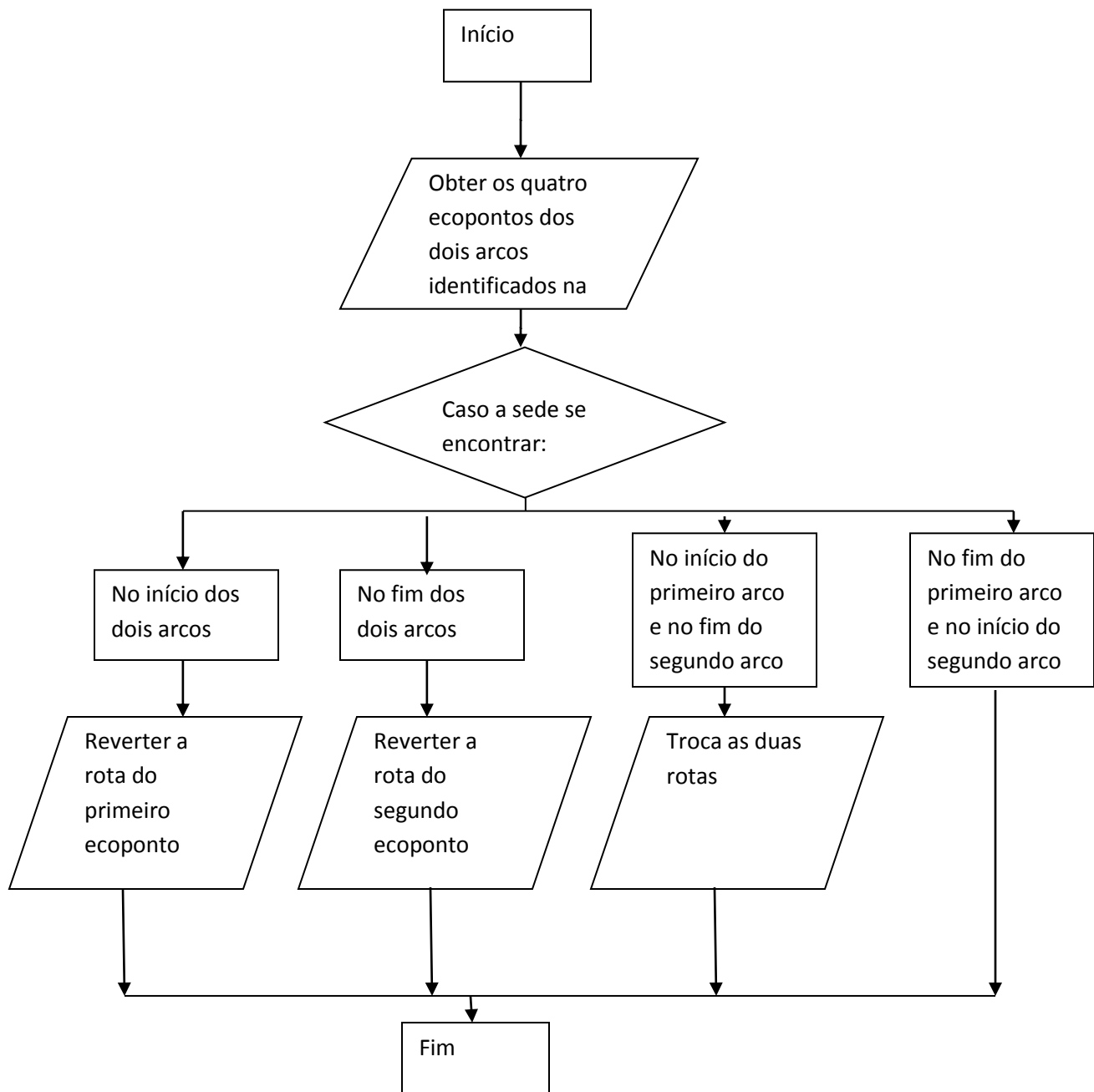


Figura 6.16: Fluxograma explicativo do algoritmo “preparar\_junção”

### 6.2.6 Classe Controlador (ZCL\_TM\_CTR\_CLARKE\_WRIGHT)

A classe denominada de “controlador” permite gerir todo o processo relativo à execução do algoritmo. Assim, por cada geração de rotas para um determinado dia/fileira é criada uma instância da classe controlador.

Por exemplo, nos casos em que se pretende gerar as rotas para as três fileiras (papel, embalagens e vidro) num determinado dia, devem ser criadas as respetivas 3 instâncias desta classe.

Na tabela 6.6 apresenta-se uma representação UML da classe correspondente “controlador”, indicando-se os seus atributos e métodos.

ZCL_TM_CTR_CLARKE_WRIGHT			
-	lista_savings	TYPE	ztm_lista_savings
-	lista_juncoes	TYPE	ztm_lista_juncoes
-	lista_ecopontos	TYPE	ztm_lista_ecopontos
-	lista_rotas_atuais	TYPE	ztm_lista_rotas_atuais
-	total_juncoes	TYPE	i
-	capacidade_viat	TYPE	ztm_quantidades
-	ecoponto_sede	TYPE REF TO	zcl_tm_ecoponto
-	total_rotas	TYPE	i
-	lista_rotas_solucão		
-	lista_rotas_inicial		
-	dia_semana	TYPE	char1
-	dia	TYPE	date
-	fileira	TYPE	char10
-	distancia_maxima	TYPE	i
-	enchimento_minimo	TYPE	i
+	constructor		
+	novo_ecoponto	IMPORTING	im_ecoponto TYPE REF to zcl_tm_ecoponto
+	obter_sede		
+	criar_rotas_iniciais		
+	incrementar_total_rotas		
+	obter_savings		
+	calcular_custo_saving	IMPORTING	im_ecop_ant TYPE REF to zcl_tm_ecoponto
+		IMPORTING	im_ecop_seg TYPE REF to zcl_tm_ecoponto
+		EXPORTING	ex_custo TYPE ztm_custo
+		EXPORTING	ex_tempo TYPE ztm_tempo
+		EXPORTING	ex_ecop_ant_sede TYPE ztm_custo

+		EXPORTING	ex_ecop_seg_sede TYPE ztm_custo
+		EXPORTING	ex_ecop_ant_seg TYPE ztm_custo
+	calcular_rotas		
+		IMPORTING	im_ecoponto TYPE REF to zcl_tm_ecoponto
+		IMPORTING	im_rota_diferente TYPE REF to zcl_tm_rota
+	obter_rota	EXPORTING	ex_arco TYPE REF to zcl_tm_arco
+		EXPORTING	ex_rota TYPE REF to zcl_tm_rota
+	obter_total_rotas	EXPORTING	ex_n_total_rotas TYPE i
+	atualizar_lista_rotas_atuais	IMPORTING	im_juncao TYPE REF to zcl_tm_juncao_rotas
+	obter_lista_rota_atuais	EXPORTING	ex_lista_rotas_atuais TYPE ztm_lista_rotas_atuais
+	apagar_rota_lista_r_atuais	IMPORTING	im_rota TYPE REF to zcl_tm_rota
+	obter_lista_ecopontos	EXPORTING	ex_lista_ecopontos TYPE ztm_lista_ecopontos
+	obter_lista_juncoes	EXPORTING	ex_lista_juncoes TYPE ztm_lista_juncoes
+	obter_lista_savings	EXPORTING	ex_lista_savings TYPE ztm_lista_savings
+	Inicializar		
+	obter_total_juncoes	EXPORTING	ex_total_juncoes TYPE i
+	alterar_capacidade_viatura	IMPORTING	im_capacidade TYPE i
+	obter_total_ecop	RETURNING	re_n_ecopontos TYPE i
+	obter_tempo	RETURNING	re_tempo TYPE ztm_tempo
+	definir_dia	IMPORTING	im_dia TYPE dats
+	definir_dia_semana	IMPORTING	im_dia_semana TYPE char1
+	obter_dia	RETURNING	re_dia TYPE dats
+	obter_dia_semana	RETURNING	re_dia_semana TYPE char1
+	definir_fileira	RETURNING	im_fileira TYPE char10
+	obter_fileira	RETURNING	re_fileira TYPE char10
+	obter_rotas_existentes		
+	obter_custo	RETURNING	re_custo TYPE ztm_custo
+	obter_m3	RETURNING	re_m3 TYPE ztm_m3
+	obter_distancia_max	RETURNING	re_distancia_max TYPE i
+	definir_distancia_max	IMPORTING	im_distancia_max TYPE i
+	obter_ench_min	RETURNING	re_ench_min TYPE i
+	definir_ench_min	IMPORTING	im_ench_min TYPE i

Tabela 6.6: Representação UML da classe Controlador

#### Detalhe dos atributos:

- `lista_savings` → Guarda a informação referente à lista dos *savings* gerada pelo algoritmo.
- `lista_juncoes` → Disponibiliza a listas das junções efetuadas durante a execução do algoritmo.
- `lista_ecopontos` → Consiste na lista dos ecopontos em estudo.
- `lista_rotas_atuais` → Representa a lista das rotas num determinado momento da execução do algoritmo.
- `total_juncoes` → Indica o número total de junções já efetuadas.
- `capacidade_viat` → Corresponde à capacidade das viaturas.
- `ecoponto_sede` → Corresponde ao ecoponto sede.
- `total_rotas` → Identifica o número total de rotas geradas pelo algoritmo.
- `total_rotas_solução` → Listas das rotas de acordo com a solução final obtida.
- `lista_rotas_inicial` → Lista das rotas iniciais do algoritmo.
- `dia_semana` → Dia da semana correspondente ao dia em estudo.
- `dia` → Dia em estudo.
- `fileira` → Tipo de material (papel, embalagem ou cartão).
- `distancia_maxima` → Distância máxima permitida entre dois ecopontos para que o respetivo *saving* seja considerado no algoritmo. (ver capítulo 8.2)
- `enchimento_minimo` → Percentagem de enchimento a partir da qual a validação que restringe os *savings* com base nas distâncias deixa de ser considerado. (ver capítulo 8.2)

#### Detalhe dos métodos:

- `constructor` → Este método inicializa os vários atributos no momento em que a classe é instanciada.
- `novo_ecoponto` → Adiciona um ecoponto na lista de ecopontos.
- `obter_sede` → Obtém o ecoponto sede.
- `criar_rotas_iniciais` → Cria as rotas iniciais do algoritmo. Cada uma destas rotas consiste na ligação entre cada ecoponto e o ecoponto sede. Esta informação é assignada aos atributos “`lista_rotas_atuais`”, “`lista_rotas_inicial`”.
- `incrementar_total_rotas` → Incrementa uma unidade ao atributo “`total_rotas`”. Este método é chamado quando se cria uma nova rota.
- `obter_savings` → Obtém a lista dos *savings* atribuindo esta informação ao atributo “`Lista_savings`”.
- `calcular_custo_saving` → Retorna a informação do tempo de deslocação e distância de um determinado *saving* (entre dois ecopontos).
- `calcular_rotas` → O sistema cria iterativamente as rotas até obter a solução final, que corresponde à geração das rotas através do algoritmo *Clarke and Wright* respeitando a restrição das capacidades das viaturas.

- `obter_rota` → Obtém a rota (no caso de existir) que contenha um arco que ligue o ecoponto (parâmetro de importação do método) e a sede.
- `obter_total_rotas` → Devolve o número de rotas existentes.
- `atualizar_lista_rotas_atuais` → Após as junções de duas rotas este método permite atualizar a lista das rotas existentes.
- `obter_lista_rota_atuais` → Devolve a lista das rotas existentes em determinado momento da execução do algoritmo.
- `apagar_rota_lista_r_atuais` → Apaga uma rota da lista das rotas atuais. Este método é utilizado quando se efetua uma junção de rotas, visto que as rotas concatenadas devem desaparecer por darem lugar a uma nova rota.
- `obter_lista_ecopontos` → Devolve a lista dos ecopontos em estudo.
- `obter_lista_juncoes` → Devolve a lista das junções de rotas efetuadas.
- `obter_lista_savings` → Devolve a lista dos savings.
- `Inicializar` → Apaga a informação definida nos atributos desta classe.
- `obter_total_juncoes` → Obtém o número de junções efetuadas até ao momento.
- `alterar_capacidade_viatura` → Permite definir um novo limite de capacidade das viaturas.
- `obter_total_ecops` → Devolve o número de ecopontos incluídos nas rotas obtidas.
- `obter_tempo` → Devolve a duração total (em minutos) das rotas obtidas.
- `definir_dia` → Define-se um valor para o atributo “dia”.
- `definir_dia_semana` → Define-se um valor para o atributo “dia\_semana”.
- `obter_dia` → Obter a informação definida no atributo “dia”.
- `obter_dia_semana` → Obter a informação definida no atributo “dia\_semana”.
- `definir_fileira` → Permite definir a fileira em estudo através do atributo “fileira”.
- `obter_fileira` → Obter a informação contida no atributo “fileira”.
- `obter_rotas_existentes` → Obter as rotas já aprovadas ou realizadas para excluir do estudo os ecopontos já recolhidos ou já incluídos numa rota a efetuar.
- `obter_custo` → Obter a estimativa referente ao custo/distância total da solução obtida.
- `obter_m3` → Obter a estimativa do volume em m<sup>3</sup> dos resíduos recolhidos.
- `obter_distancia_max` → Obter o valor definido no atributo “distancia\_maxima”.
- `definir_distancia_max` → Definir o valor definido no atributo “distancia\_maxima”.
- `obter_ench_min` → Obter o valor definido no atributo “enchimento\_minimo”.
- `definir_ench_min` → Definir o valor definido no atributo “enchimento\_minimo”.

Devido à complexidade do método “`calcular_rotas`” opta-se por detalhar a forma como este se encontra implementado.

### 6.2.6.1 Método “calcular\_rotas”

O método “calcular\_rotas” agrega um conjunto de outros métodos e tem como objetivo a geração das rotas de recolha dos resíduos.

Este processo contempla os seguintes passos:

1. Para cada registo existente na lista de *savings* identificam-se os ecopontos que estão associados a um arco em que a sua outra extremidade corresponde ao ecoponto sede.

Como foi referido, apenas os ecopontos nesta situação são considerados relevantes para efeitos de junção de rotas.

A lista de *savings* encontra-se ordenada de forma crescente, enumerando em primeiro lugar os registos que conduzem a um maior ganho de eficiência.

2. Encontrado um registo relevante para efeitos de junção de rotas, o sistema valida se o total estimado de resíduos a recolher na rota a concatenar não excede a capacidade da viatura.
3. Se a condição anterior for verificada o sistema efetua a junção das duas rotas.

O fluxograma deste processo encontra-se descrito na figura 6.17.

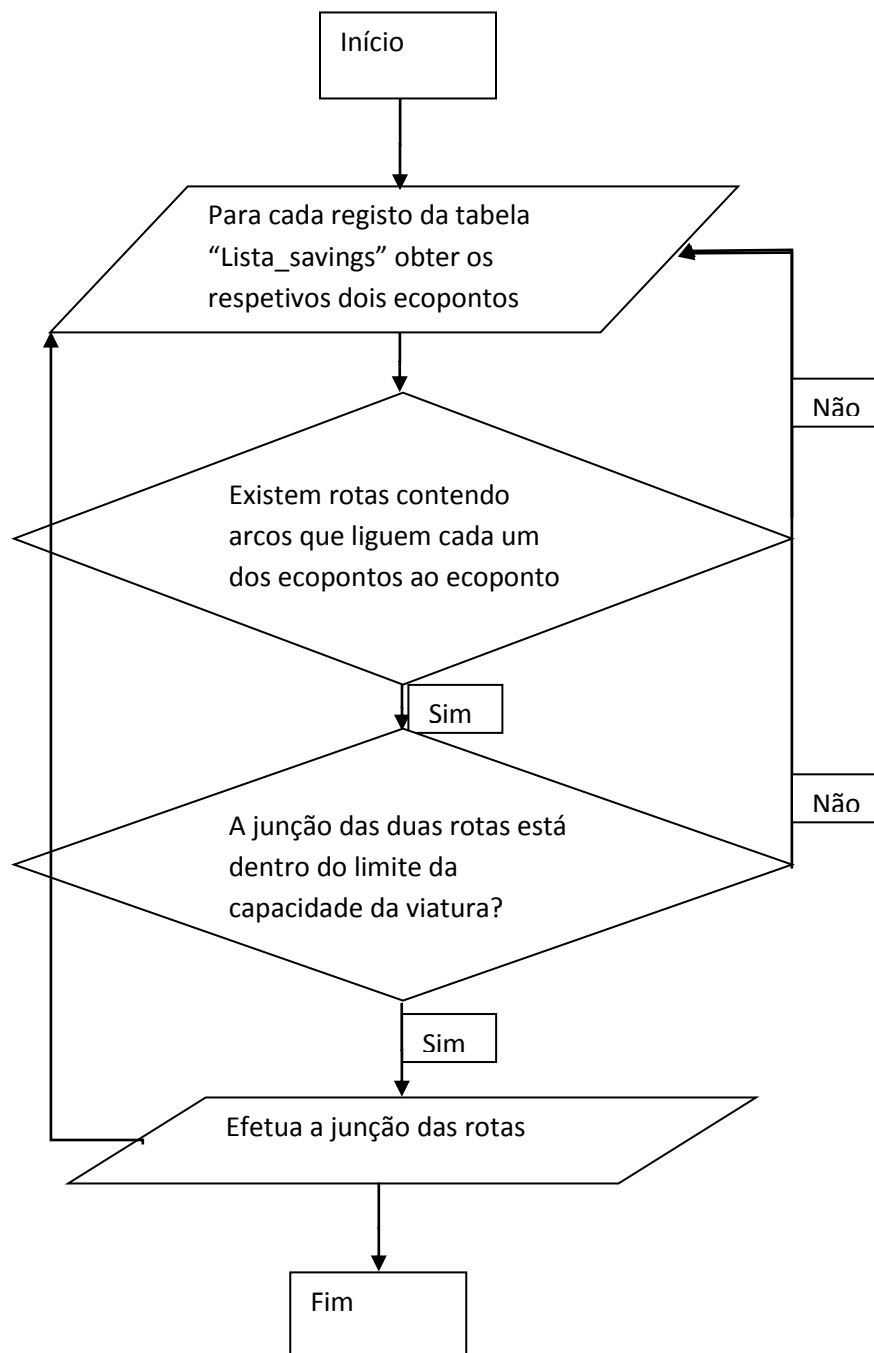


Figura 6.17: Fluxograma explicativo do processo associado com a junção de duas rotas

### 6.2.7 Modelação UML integrada

Com vista a sintetizar as relações entre as classes desenvolvidas na aplicação, apresenta-se na figura 6.18 a modelação UML (*Unified Modeling Language*) contemplando a relação entre as várias classes.

Através do UML opta-se por representar o diagrama das classes desenvolvidas de uma forma sintética, apresentando apenas os códigos das classes e respetivas associações entre elas. Por uma questão de simplicidade optou-se por não indicar neste diagrama os respetivos métodos e os atributos.

No esquema apresentado, cada retângulo representa uma classe e as linhas que ligam cada classe as respetivas associações. Os símbolos nas extremidades de cada associação indicam as respetivas cardinalidades.

As cardinalidades mais comuns consistem nas seguintes [BC401]:

- “0..\*” (entre as classes A e B) → Cada instância da classe A pode estar associada a qualquer número de instâncias da classe B.
- “n” (entre as classes A e B) sendo “n” um número inteiro → Uma instância da classe A pode apenas estar associada a precisamente “n” instâncias da classe B.
- “1..\*” (entre as classes A e B) → Cada instância da classe A tem de obrigatoriamente estar associada a pelo menos uma instância da classe B.
- “0..1” (entre as classes A e B) → Cada instância da classe A pode estar associada no máximo a uma instância da classe B.

No centro do modelo encontra-se a classe controlador (ZCL\_TM\_CTR\_CLARKE\_WRIGHT) que gere, direta ou indiretamente, as várias classes existentes.

A classe rota (ZCL\_TM\_ROTA) está diretamente associada à a junção de rotas (ZCL\_TM\_JUNCAO\_ROTAS). Adicionalmente, sabendo-se que uma rota consiste num conjunto de arcos, esta classe está naturalmente associada à classe correspondente aos arcos (ZCL\_TM\_ARCO).

Por último, cada ecoponto (ZCL\_TM\_ECOPONTO) é instanciado diretamente pelas classes controlador e arco, sendo este último constituído por dois ecopontos.



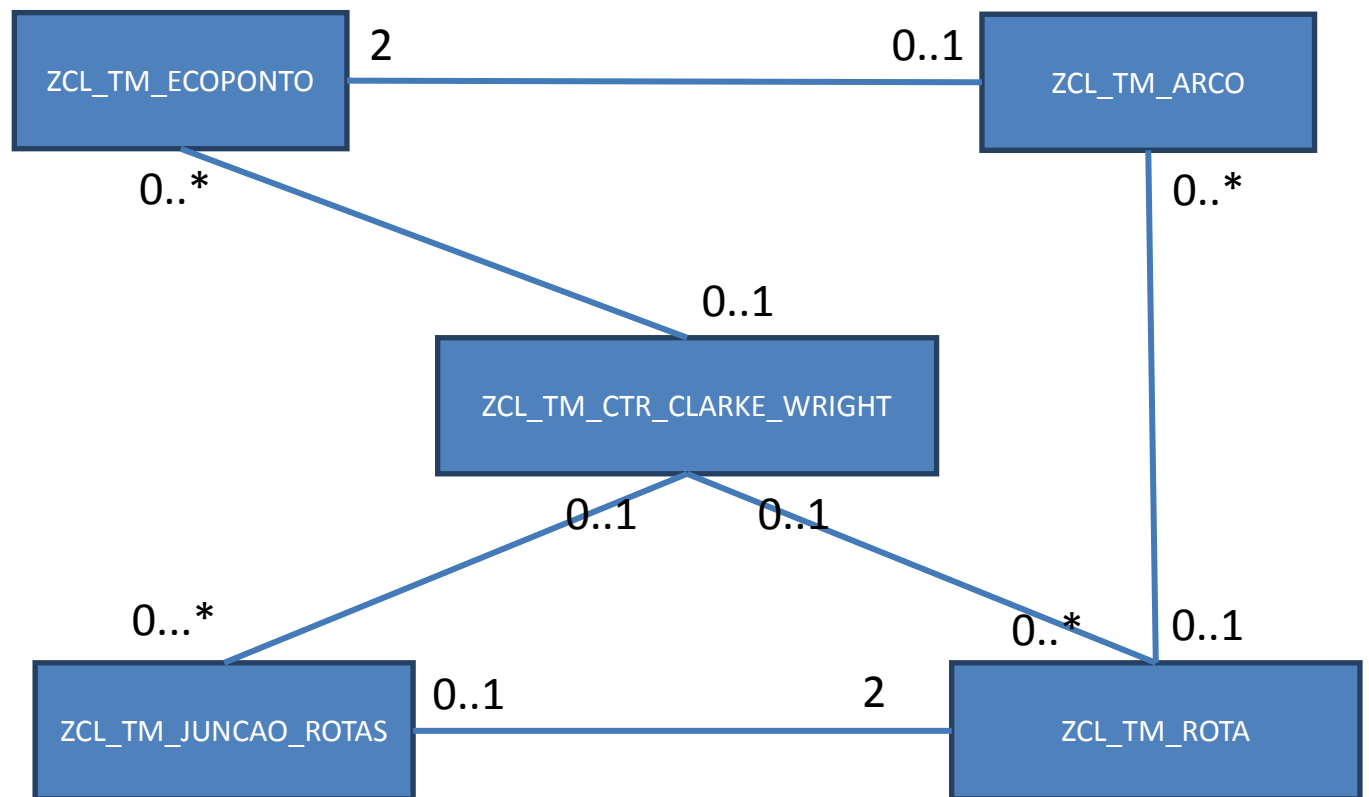


Figura 6.18: Modelação UML integrada

Chama-se a atenção ao facto de se assumir que uma rota poderá estar vazia, ou seja, uma rota poderá não ter associado qualquer arco. Esta possibilidade é meramente técnica, uma vez que deverá ocorrer apenas numa fase inicial. A atribuição dos respetivos arcos é efetuada numa fase posterior.

### 6.2.8 Programa principal (ZGERTM\_CLARKE\_WRIGHT\_OBJ)

Com base nas classes desenvolvidas e descritas no capítulo anterior, é criado um programa que executa o algoritmo *Clarke and Wright*.

O programa é identificado pelo código ZGERTM\_CLARKE\_WRIGHT\_OBJ. O código GER identifica que é um programa genérico e portanto não específico de nenhuma empresa do grupo AdP. Os dígitos TM, tal como nas classes, identifica que se trata de um programa no âmbito de uma Tese de Mestrado. A restante informação identifica de que se trata da execução do algoritmo *Clarke and Wright*.

O objetivo deste programa consiste na aplicação direta das classes criadas com vista a analisar e testar o comportamento deste algoritmo.

O programa efetua os seguintes passos:

- No ecrã inicial (figura 6.19) indicam-se os dados sobre os quais o algoritmo será executado, consistindo estes em freguesias, concelhos, fileira e data.

**Aplicação do algoritmo Clarke and Wright**

Freguesia		até		→
Concelho	Alcochete	até		→
Fileira	Vidro			
Data Referência	25.05.2012			



Figura 6.19: Ecrã inicial relativo ao programa de aplicação do algoritmo *Clarke and Wright*

No exemplo concreto apresentado na figura 6.19, executa-se o programa com vista à geração das rotas de recolha dos resíduos dos ecopontos pertencentes ao concelho Alcochete, para a fileira Vidro, na data 2012.05.25.

- Validar lista de ecopontos obtidos com base na seleção efetuada no ponto anterior

O sistema apresenta a lista dos ecopontos obtidos (figura 6.20). Por omissão, todos os ecopontos com nível de enchimento superior a zero são marcados como relevantes. Todavia, é possível alterar esta informação de forma manual.

Lista de ecopontos

Mapa

Código	Tipo	Descrição	Freguesia	Concelho	Distrito	Latitude	Longitude	Enchimento	Relevante
447	Ecoponto	Largo da Misericórdia - Alcochete	Alcochete	Alcochete	Setúbal	38,7556630000...	8,96371100000...	96	<input checked="" type="checkbox"/>
453	Ecoponto	Rua Luis de Camões - Alcochete	Alcochete	Alcochete	Setúbal	38,7523650000...	8,96235100000...	94	<input checked="" type="checkbox"/>
522	Ecoponto	Praia dos Moinhos - Alcochete	Alcochete	Alcochete	Setúbal	38,7490540000...	8,96951900000...	93	<input checked="" type="checkbox"/>
520	Ecoponto	Rua da Cooperação / Rua dos Fundadores - Bair...	Alcochete	Alcochete	Setúbal	38,7483090000...	8,96594700000...	55	<input checked="" type="checkbox"/>
471	Ecoponto	Avenida da Restauração (Esc. 2ª e 3ª Cido D. Ma...	Alcochete	Alcochete	Setúbal	38,7514270000...	8,96348600000...	55	<input checked="" type="checkbox"/>
516	Ecoponto	Rua 1ª de Maio / Rua Mouzinho de Albuquerque - ...	Samouco	Alcochete	Setúbal	38,7204690000...	9,00627100000...	37	<input checked="" type="checkbox"/>
514	Ecoponto	R. Carlos Manuel Rodrigues Francisco - Alcochete	Alcochete	Alcochete	Setúbal	38,7542630000...	8,95956300000...	30	<input checked="" type="checkbox"/>
468	Ecoponto	Rua Escola Secundária / Rua Artur Garrett - Bair...	Alcochete	Alcochete	Setúbal	38,7486890000...	8,96214700000...	26	<input checked="" type="checkbox"/>
517	Ecoponto	Rua Rui Sousa Vinagre / Rua Vasco da Gama - S...	Samouco	Alcochete	Setúbal	38,7178790000...	9,00696200000...	17	<input checked="" type="checkbox"/>
455	Ecoponto	Rua da Liberdade / Rua Vasco da Gama - Bairro ...	Alcochete	Alcochete	Setúbal	38,7494180000...	8,96694600000...	6	<input checked="" type="checkbox"/>
1.310	Vidrão	Zona Industrial do Batel (Junto ao I.P.O.) - Batel	Alcochete	Alcochete	Setúbal	38,7406010000...	8,94119200000...	0	<input type="checkbox"/>

Figura 6.20: Lista da informação dos ecopontos e previsão dos respetivos níveis de enchimento relativo ao programa de aplicação do algoritmo *Clarke and Wright*

Para uma análise com uma vertente geográfica desenvolveu-se uma interface com o site <http://maps.google.com>. Assim, através de um duplo clique num determinado ecoponto o sistema acede automaticamente o site do *Google.Maps* com a indicação do posicionamento do equipamento.

Por exemplo, ao efetuar-se um duplo clique na linha correspondente ao ecoponto com o código 588 (figura 6.21) obteve-se o respetivo posicionamento no mapa (figura 6.22).

Código	Tipo	Descrição	Freguesia	Concelho	Distrito	Latitude	Longit...	Enchimento
588	Ecoponto	Condomínio Villa Azul - S.Francisco	São Francisco	Alcochete	Setúbal	38,7317...	8,966...	57

Figura 6.21: Registo de um ecoponto a apresentar respetivo detalhe via *Google.Maps*, relativo ao programa de aplicação do algoritmo *Clarke and Wright*

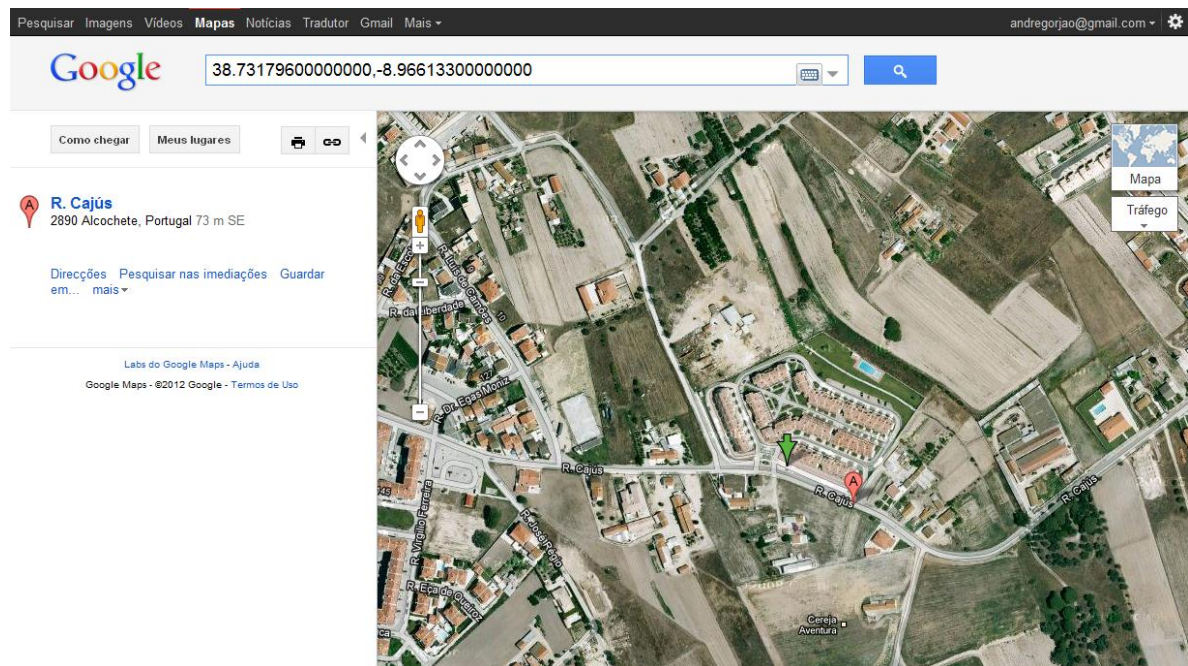


Figura 6.22: Exemplo de ecrã do *Google.Maps* com a localização de um ecoponto, relativo ao programa de aplicação do algoritmo *Clarke and Wright*

- Lista dos *savings*

Após a seleção dos ecopontos a incluir nas análises, o sistema calcula a respetiva lista dos *savings* (figura 6.23).

**Lista dos Savings**

Mapa



Código Ecop. Anterior	Código Ecop. Seguinte	Saving (dist.metros)	Tempos de desl. (secs)
3.110	3.111	30,00-	2-
1.302	3.075	32,00-	3-
473	3.106	33,00-	3-
456	3.090	53,00-	4-
449	3.094	53,00-	12-
462	577	56,00-	16-
3.074	3.100	58,00-	16-
460	3.103	62,00-	29-
2.664	3.312	69,00-	6-
460	3.095	72,00-	30-
3.096	3.103	73,00-	37-
447	3.076	79,00-	28-
579	1.304	86,00-	7-
450	4.122	88,00-	21-
452	453	90,00-	21-
475	3.136	94,00-	45-
457	520	100,00-	23-
455	466	110,00-	28-
519	3.100	110,00-	30-
3.095	3.129	110,00-	27-
475	512	110,00-	46-
3.095	3.107	120,00-	28-
468	469	120,00-	31-

Figura 6.23: Lista dos savings, relativo ao programa de aplicação do algoritmo *Clarke and Wright*

Também nesta fase existe encontra-se disponível a interação com o *Google.Maps*. Através de um duplo clique numa dada linha obtém-se o respetivo mapa com o percurso associado aos dois ecopontos presentes no *saving* selecionado.



Por exemplo, ao seleccionar-se um duplo clique no *saving* correspondente aos ecopontos com os códigos 575 e 589 (figura 9.24) obtém-se o mapa respetivo (figura 6.25):

Código Ecop. Anterior	Código Ecop. Seguinte	Saving (dist.metros)	Tempos de desl. (secs)
575	589	18.000,00-	1.320-

Figura 6.24: Registo com percurso entre dois ecopontos com vista à apresentação de respetivo detalhe via *Google.Maps*, relativo ao programa de aplicação do algoritmo *Clarke and Wright*

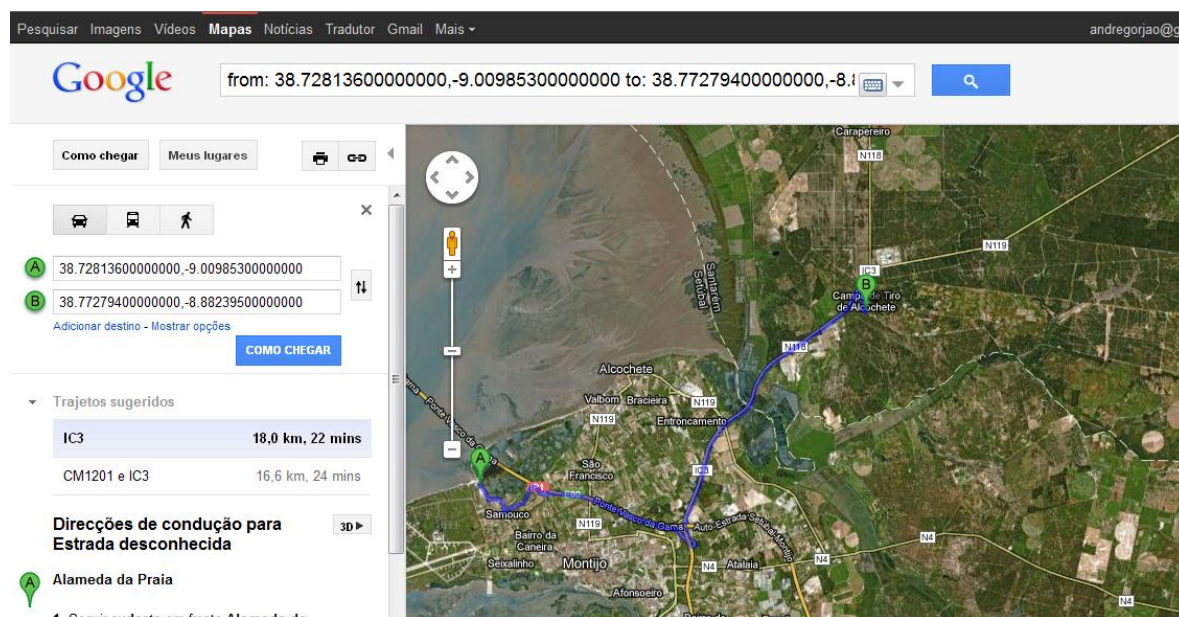


Figura 6.25: Mapa *Google.Maps* com apresentação do detalhe referente ao percurso entre dois ecopontos, relativo ao programa de aplicação do algoritmo *Clarke and Wright*

- Lista das junções de rotas

Analizados os *savings*, acede-se à lista com as junções das rotas efetuadas ao longo da execução do algoritmo.

O sistema permite detalhar cada junção disponibilizando as várias iterações ao longo da execução do programa. Na figura 6.26 é apresentado um ecrã contendo a lista das junções obtidas.

N° da Junção	N° Rota1	N° Rota2	N° da Nova Rota	Capacidade Nova Rota
71	22	175	182	0,00
72	167	48	183	0,00
73	183	177	184	0,00
74	192	172	185	1,68
75	185	161	186	1,68
76	181	67	187	0,00
77	169	1	188	0,00
78	180	178	189	0,00
79	145	120	190	0,00
80	184	65	191	0,00
81	186	114	192	1,68
82	75	77	193	0,00
83	188	33	194	0,00
84	194	173	195	0,00
85	137	61	196	0,00

Figura 6.26: Ecrã com representação das várias concatenações de rotas, relativo ao programa de aplicação do algoritmo *Clarke and Wright*

O sistema permite também selecionar uma determinada junção e analisar a lista das rotas existentes nesse momento. Um exemplo com esta informação encontra-se disponível na figura 6.27, ilustrando a seleção da junção número 90, sendo apresentadas as respetivas rotas geradas até esse momento.

N° da Junção	N° Rota1	N° Rota2	N° da Nova Rota	Capacidade Nova Rota
1	99	100	112	0,00
2	69	87	113	0,00
3	28	96	114	0,00
4	11	90	115	0,00
5	4	91	116	0,00
6	17	54	117	0,00
7	86	94	118	0,00
8	15	95	119	0,00
9	62	110	120	0,00
10	119	92	121	0,00
11	93	121	122	0,00

Figura 6.27: Ecrã com representação das várias concatenações de rotas com apresentação do detalhe de uma determinada junção de rotas, relativo ao programa de aplicação do algoritmo *Clarke and Wright*

Ao seleccionar-se uma determinada rota obtém-se um maior detalhe, sendo apresentada a informação dos arcos que a compõem. A figura 9.28 apresenta um exemplo com esta informação.

Lista de Junções de Rotas

Mapa

Lista das junções de rotas efetuadas:

Nº da Junção	Nº Rota1	Nº Rota2	Nº da Nova Rota	Capacidade Nova Rota
1	99	100	112	0,00
2	69	67	113	0,00
3	28	96	114	0,00
4	11	90	115	0,00
5	4	91	116	0,00
6	17	54	117	0,00
7	86	94	118	0,00
8	15	95	119	0,00
9	82	110	120	0,00
10	119	92	121	0,00
11	93	121	122	0,00
12	2	88	123	0,00
13	56	71	124	0,00
14	5	111	125	0,00
15	7	8	126	0,00
16	30	106	127	0,00
17	12	42	128	0,00
18	10	21	129	0,00
19	118	41	130	0,00
20	122	105	131	0,00
21	127	34	132	0,00
22	23	24	133	0,00
23	37	98	134	0,00

Nº da Junção: 99      Nº da Rota: 198

Lista das rotas existentes no momento da junção indicada:

Nº da Rota	Capacidade
50	0,00
57	0,00
58	2,50
68	0,00
73	0,00
76	0,00
78	0,00
80	0,00
81	0,00
83	0,00
107	0,00
108	0,00
166	0,00
175	0,00
190	0,00
191	0,00
196	0,00

Lista dos arcos associados à rota indicada:

Código Ecop. Anterior	Código Ecop. Seguinte	Custo
99 999	575	0,00
575	3 096	1 000,00
3 096	3 103	73,00
3 103	460	62,00
460	3 095	72,00
3 095	3 129	110,00
3 129	461	130,00
461	3 107	140,00
3 107	459	450,00
459	576	550,00
576	523	350,00
523	462	350,00
462	577	56,00
577	3 113	220,00
3 113	3 112	160,00
3 112	516	180,00
516	517	400,00
517	99 999	0,00

Figura 6.28: Ecrã com representação das várias concatenações de rotas com apresentação do detalhe de uma determinada junção de rotas e respetivos arcos, relativo ao programa de aplicação do algoritmo *Clarke and Wright*

Por último, o sistema permite ainda analisar o mapa correspondente ao percurso de uma determinada rota. Apresenta-se na figura 9.29 um exemplo de uma representação geográfica de uma rota seleccionada.

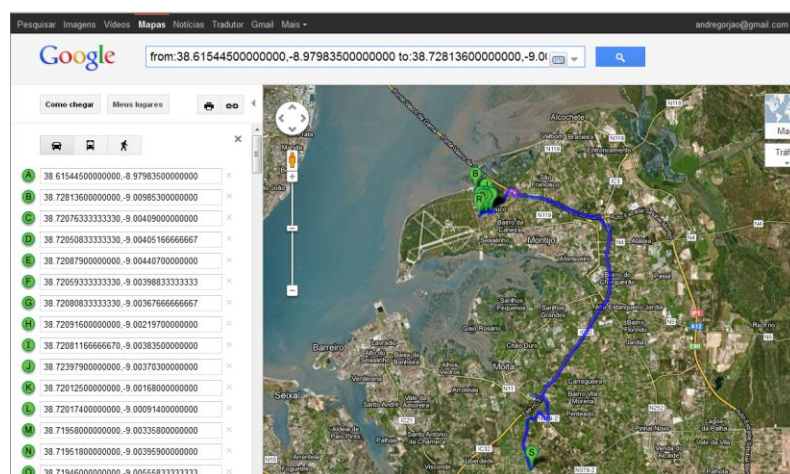


Figura 9.29: Mapa *Google.Maps* com apresentação de uma determinada rota, relativo ao programa de aplicação do algoritmo *Clarke and Wright*



### 6.3 Implementação do painel de gestão das rotas (ZGETM\_PAINEL)

O programa descrito no capítulo anterior foi desenvolvido, não numa ótica de disponibilização a um utilizador final, mas essencialmente para se testar o comportamento do algoritmo.

O objetivo nesta fase do trabalho consiste em disponibilizar um meio que permita a gestão das rotas de recolha dos resíduos dos ecopontos. Assim, foi desenvolvido um painel que, com base na estimativa dos níveis de enchimento dos ecopontos, gera rotas de forma automática.

Considera-se como fator essencial, a possibilidade de inclusão da sensibilidade do planeador neste processo, por este motivo a solução apresentada permite o ajustamento manual das rotas geradas pela aplicação.

Neste capítulo apresenta-se, numa primeira fase, as diversas funcionalidades do painel de gestão de rotas. Na parte final descrevem-se os aspetos técnicos relativos à forma como esta aplicação foi implementada.

#### 6.3.1 Ecrã inicial

No primeiro ecrã do painel o planeador poderá selecionar os locais sobre os quais a informação será trabalhada. A figura 6.30 apresenta um exemplo deste ecrã.

Os dados encontram-se divididos em duas áreas ou centros, o centro de planeamento de Palmela e o de Seixal. Os dados em estudo referem-se apenas ao centro de Palmela, todavia o programa encontra-se preparado para incluir os dados do Seixal assim que estes forem disponibilizados.

The screenshot displays a web application interface titled "Painel para gestão das recolhas". It features a blue header bar with a clock icon. Below the header, there are two main sections for selecting planning centers. The first section, "Centro de planeamento de Palmela", contains a list of locations with checkboxes: Alcochete, Barreiro, Moita, Montijo, Palmela, and Setúbal, all of which are checked. The second section, "Centro de planeamento de Seixal", contains a list of locations with checkboxes: Almada, Seixal, and Sesimbra, all of which are unchecked. At the bottom, there is a "Data" section with a text input field containing the date "17.09.2012".

Figura 6.30: Ecrã inicial relativo ao Painel para Gestão das Recolhas

### 6.3.2 Ecrã principal

Ao avançar-se com a execução do programa, o sistema apresenta o ecrã principal (tabela 6.31) com a informação semanal correspondente ao dia selecionado no ecrã anterior.

**Painel de programação das rotas de recolha**

2ª feira 3ª feira 4ª feira 5ª feira Sábado Domingo Definir relevância automaticamente

Dados Gerais 1  
Data: 21.05.2012 Percentagem limite para recolha: 50

Dados Gerais 2  
Capacidade max viaturas(m3): 20 Tempo médio recolhas(m): 5 Nº de horas por turno: 8,00

**Painel Principal**

Nº Ecop	Descrição	Concelho	Fileira	Tipo	Freguesia	Nº Dias Médio	DT Última Recolha	2-Enchm Esp	2-Relevante	2-S	2-4ª Rota	3-Enchm Esp	3-Relevante	3-S	3-4ª Rota	4-Enchm Esp	4-Relevante	4-S	4-4ª Rota
459	Rua das Salinas - Sam...	Alcochete	Vidro	Ecoponto	Samouco	0,00		0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
460	Rua de O Século / Praç...	Alcochete	Papel	Ecoponto	Samouco	3,82	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	26	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	52	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
460	Rua de O Século / Praç...	Alcochete	Embalagem	Ecoponto	Samouco	4,67	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	21	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	42	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
460	Rua de O Século / Praç...	Alcochete	Vidro	Ecoponto	Samouco	0,00		0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
461	R. Dr. Manuel Manuel d...	Alcochete	Papel	Ecoponto	Samouco	4,23	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	24	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	48	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
461	R. Dr. Manuel Manuel d...	Alcochete	Embalagem	Ecoponto	Samouco	7,00	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	14	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	28	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
461	R. Dr. Manuel Manuel d...	Alcochete	Vidro	Ecoponto	Samouco	0,00		0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
462	Rua do Mercado - Sam...	Alcochete	Papel	Ecoponto	Samouco	1,73	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	58	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	58	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
462	Rua do Mercado - Sam...	Alcochete	Embalagem	Ecoponto	Samouco	3,46	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	29	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	58	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
462	Rua do Mercado - Sam...	Alcochete	Vidro	Ecoponto	Samouco	0,00		0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
463	R. Vergílio Ferreira - Fut...	Alcochete	Papel	Ecoponto	São Franci...	5,50	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	36	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
463	R. Vergílio Ferreira - Fut...	Alcochete	Embalagem	Ecoponto	São Franci...	3,96	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	25	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
463	R. Vergílio Ferreira - Fut...	Alcochete	Vidro	Ecoponto	São Franci...	0,00		0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
464	Rua da Sociedade - Sã...	Alcochete	Papel	Ecoponto	São Franci...	8,00	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	13	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	26	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
464	Rua da Sociedade - Sã...	Alcochete	Embalagem	Ecoponto	São Franci...	6,00	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	17	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	34	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
464	Rua da Sociedade - Sã...	Alcochete	Vidro	Ecoponto	São Franci...	0,00		0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
465	Rua António Aleixo - C...	Alcochete	Papel	Ecoponto	São Franci...	2,53	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	40	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	80	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
465	Rua António Aleixo - C...	Alcochete	Embalagem	Ecoponto	São Franci...	4,55	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	44	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
465	Rua António Aleixo - C...	Alcochete	Vidro	Ecoponto	São Franci...	3,00		100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	33	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	66	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
466	Rua da Associação ID	Alcochete	Embalagem	Ecoponto	Alcochete	4,46	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	74	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	74	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0

Dia: Segunda Terça Quarta Quinta Sexta Sábado Domingo

Fileira: Papel Embalagem Vidro

Rota: Número da rota:  Obter dados

Lista de rotas: Nº Rota | Enchimento-P | Distância(m) | Tempo(m) | Nº Ecop... | Tp Total(m) | Status

Lista de arcos da rota selecionada: Ecop.Ant. | Ecop.Seg. | Distância(m) | Tempo(m) | Rua Ecop.Dest.

Lista resumo: Descrição | Nº Ecop. | Tempo(m) | Equip.Nec.

Figura 6.31: Ecrã principal relativo ao Painel para Gestão das Recolhas

Foi disponibilizado apenas um ecrã (referido como painel) que centraliza toda a informação necessária para o planeamento das rotas.

O resultado tornou-se um pouco complexo e com muita informação, mas a alternativa de se apresentar os dados de forma dispersa por vários ecrãs revelou-se menos prática.

Nos subcapítulos seguintes analisam-se as várias componentes deste ecrã, descrevendo-se as várias funcionalidades disponíveis.

### 6.3.2.1 Topo do ecrã

No topo do ecrã encontram-se disponibilizados os diversos botões apresentados na figura 6.32.

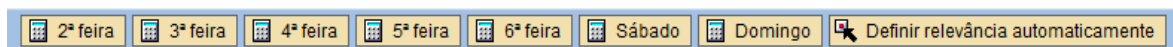


Figura 6.32: Funcionalidades disponíveis a nível do ecrã principal do Painel para Gestão das Recolhas

Cada um destes botões representa as várias funcionalidades disponíveis, sendo que cada dia da semana tem associado um botão que ao ser selecionado irá calcular as respetivas rotas.

O botão “Definir relevância automaticamente” permite classificar como relevantes (para inclusão em rotas de recolha) os ecopontos com níveis de enchimento superior ao valor definido no parâmetro “Percentagem limite para a recolha”.

Imediatamente abaixo da área com os referidos botões visualizam-se os parâmetros base para a execução do algoritmo. Esta informação é ilustrada na figura 6.33.

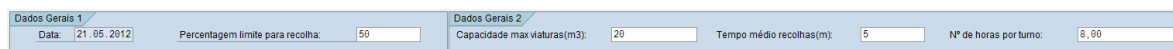


Figura 6.33: Informação disponível no cabeçalho do Painel para Gestão das Recolhas

Os parâmetros são definidos pelo planeador e consistem nos seguintes:

- Percentagem limite para a recolha

Este parâmetro permite definir o nível de enchimento a partir do qual os ecopontos são considerados relevantes para serem incluídos numa rota de recolha.

Como foi referido, ao selecionar-se o botão “Definir relevância automaticamente”, todos os ecopontos com um nível de enchimento esperado superior ao valor indicado neste parâmetro são automaticamente definidos como relevantes para o processo de gestão das rotas.

- Capacidade máxima das viaturas ( $m^3$ )

Indica-se a capacidade máxima em  $m^3$  das viaturas.

Este campo pode ser alterado durante o processo de planeamento das rotas. Assim, é possível gerar as rotas com base num determinado limite de capacidade das viaturas. Posteriormente esta definição poderá ser alterada para ser considerada numa nova geração de rotas que incidirá apenas sobre os ecopontos ainda pendentes.

Desta forma, o planeador tem a possibilidade de ajustar a execução do algoritmo de acordo com diversas capacidades das viaturas.

- Tempo médio de recolhas (minutos)

A duração do processo de recolha dos ecopontos não pode apenas incidir sobre o tempo de deslocação entre os vários locais. É necessário incluir neste processo o tempo associado à recolha dos resíduos propriamente dita, ou seja, o tempo que decorre desde que a viatura chega ao local, recolhe os resíduos e retoma o percurso.

Assim, o valor aqui definido será adicionado ao tempo de deslocação entre cada ecoponto, para que no final se obtenha o tempo total estimado de cada rota.

- Número de horas por turno

O número de horas de trabalho disponível por turno não é utilizado no processo de geração das rotas. Este valor é contemplado apenas para o cálculo do número de equipas necessárias para efetuar as rotas geradas pelo programa.

Assim, esta informação será útil na análise dos valores apresentados no quadro “Lista resumo” a descrever posteriormente.

### 6.3.2.2 Paine principal (zona central do ecrã)

A área representada na figura 6.34 corresponde exatamente ao painel de trabalho do planeador contendo a lista dos ecopontos para as várias fileiras. Para cada uma destas combinações ecopontos/fileiras apresenta-se, numa coluna específica, o número estimado de dias que leva a esgotar a capacidade desse equipamento.

Nº Ecop	Descrição	Concelho	Fileira	Tipo	Freguesia	Nº Dias Médio	DT Última Recolha	2-Enchimento	2-Relevante	2-S	2-Nº Rota	3-Enchimento	3-Relevante	3-S	3-Nº Rota	4-Enchimento	4-Relevante	4-S	4-Nº Rota
459	Rua das Salinas - Sam.	Alcochete	Vidro	Ecoponto	Samouco	0,00		0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
460	Rua de O Século / Praç.	Alcochete	Papel	Ecoponto	Samouco	3,82	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	26	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	52	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
460	Rua de O Século / Praç.	Alcochete	Embalagem	Ecoponto	Samouco	4,07	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	42	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
460	Rua de O Século / Praç.	Alcochete	Vidro	Ecoponto	Samouco	0,00		0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
461	R. Dr. Manuel Manuel d.	Alcochete	Papel	Ecoponto	Samouco	4,23	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
461	R. Dr. Manuel Manuel d.	Alcochete	Embalagem	Ecoponto	Samouco	7,00	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	28	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
461	R. Dr. Manuel Manuel d.	Alcochete	Vidro	Ecoponto	Samouco	0,00		0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
462	Rua do Mercado - Sam.	Alcochete	Papel	Ecoponto	Samouco	1,73	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	58	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	58	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
462	Rua do Mercado - Sam.	Alcochete	Embalagem	Ecoponto	Samouco	3,46	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	29	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	58	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
462	Rua do Mercado - Sam.	Alcochete	Vidro	Ecoponto	Samouco	0,00		0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
463	R. Vergílio Ferreira - Fut.	Alcochete	Papel	Ecoponto	São Franci...	5,50	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	36	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
463	R. Vergílio Ferreira - Fut.	Alcochete	Embalagem	Ecoponto	São Franci...	3,96	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	25	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
463	R. Vergílio Ferreira - Fut.	Alcochete	Vidro	Ecoponto	São Franci...	0,00		0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
464	Rua da Sociedade - Sã.	Alcochete	Papel	Ecoponto	São Franci...	8,00	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	26	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
464	Rua da Sociedade - Sã.	Alcochete	Embalagem	Ecoponto	São Franci...	6,00	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	34	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
464	Rua da Sociedade - Sã.	Alcochete	Vidro	Ecoponto	São Franci...	0,00		0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
465	"Rua António Aleixo - C.	Alcochete	Papel	Ecoponto	São Franci...	2,53	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	80	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
465	"Rua António Aleixo - C.	Alcochete	Embalagem	Ecoponto	São Franci...	4,55	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	44	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
465	"Rua António Aleixo - C.	Alcochete	Vidro	Ecoponto	São Franci...	3,00		100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	33	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	66	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
466	Rua da Sociedade - Sã.	Alcochete	Papel	Ecoponto	Samouco	4,45	07.03.2012	100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0

Figura 6.34: Área principal do Painel para Gestão das Recolhas

É também indicada a percentagem estimada de enchimento para cada dia da semana, para os vários ecopontos/fileiras.

Para cada dia da semana em análise é também indicado o *status* de cada ecoponto que poderá ser o seguinte:

- Semáforo vermelho → Ecoponto por recolher
- Semáforo amarelo → Ecoponto já associado a uma rota aprovada
- Semáforo verde → Ecoponto já associado a uma rota efetuada

Encontra-se disponível também, em cada dia e para cada combinação ecoponto/fileira, o número da rota gerada pela aplicação.

Por último, existe a coluna “relevante” que, como foi referido, é automaticamente preenchida com base no parâmetro “Percentagem limite para a recolha” através do botão “definir relevância automaticamente”. O planeador poderá manipular manualmente este indicador, ativando-o ou desativando-o de acordo com a sua sensibilidade.

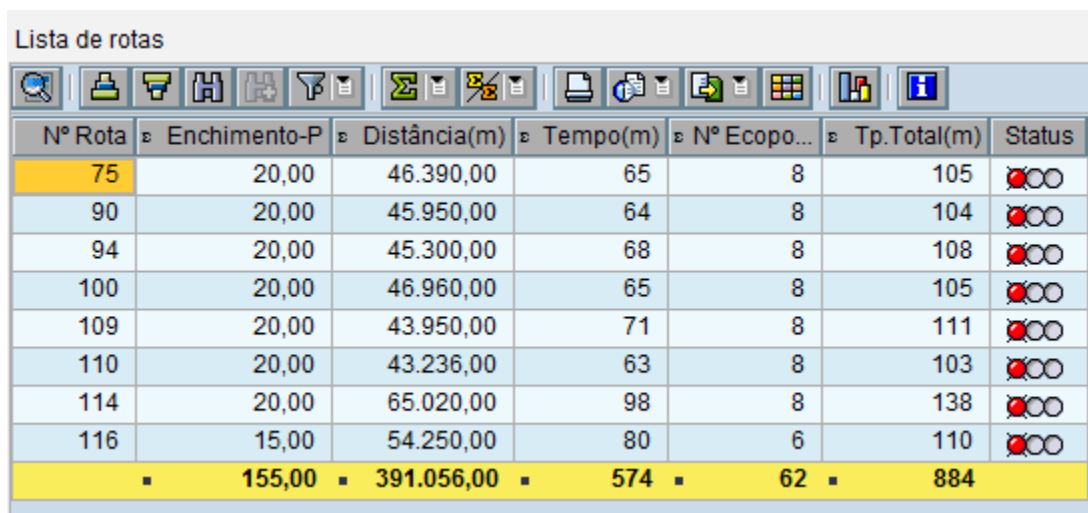
### 6.3.2.3 Informação detalhada (zona inferior do ecrã)

Na parte inferior do painel disponibilizam-se duas listagens contendo informações detalhadas associadas às rotas geradas.

Estas listagens correspondem à “Lista de rotas” e à “Lista de arcos da rota selecionada”. Exemplos com estas informações são apresentados nas figuras 6.35 e 6.36 respetivamente.

A “Lista de rotas” contém informação relativa à síntese das rotas geradas. A segunda listagem, “Lista de arcos da rota selecionada”, detalha a informação de uma determinada rota, apresentando informação dos arcos que a compõem.

Lista de rotas



Nº Rota	Enchimento-P	Distância(m)	Tempo(m)	Nº Ecopto...	Tp.Total(m)	Status
75	20,00	46.390,00	65	8	105	
90	20,00	45.950,00	64	8	104	
94	20,00	45.300,00	68	8	108	
100	20,00	46.960,00	65	8	105	
109	20,00	43.950,00	71	8	111	
110	20,00	43.236,00	63	8	103	
114	20,00	65.020,00	98	8	138	
116	15,00	54.250,00	80	6	110	
■	155,00	■ 391.056,00	■ 574	■ 62	■ 884	

Figura 6.35: Exemplo de resultados obtidos no Painel para Gestão das Recolhas

Lista de arcos da rota seleccionada



Ecop.Ant.	Ecop.Seg.	Distância(m)	Tempo(m)	Rua Ecop.Dest.
99.999	459	20.700,00	27	Rua das Salinas ...
459	575	800,00	2	Restaurante Moi...
575	518	4.700,00	8	"EN 119 - Restau...
518	527	350,00	1	Rua Água Sapeir...
527	578	6.800,00	12	Alameda da Font...
578	579	3.100,00	6	"EN 118 / Rua Ac...
579	99.999	17.800,00	24	Sede
		54.250,00	80	

Figura 6.36: Detalhe de uma rota no Painel para Gestão das Recolhas

É ainda possível efetuar-se um duplo clique sobre uma determinada rota na tabela correspondente à “lista de rotas” para se obter a representação geográfica respetiva no *Google.Maps*. A figura 6.37 ilustra um exemplo com esta informação.

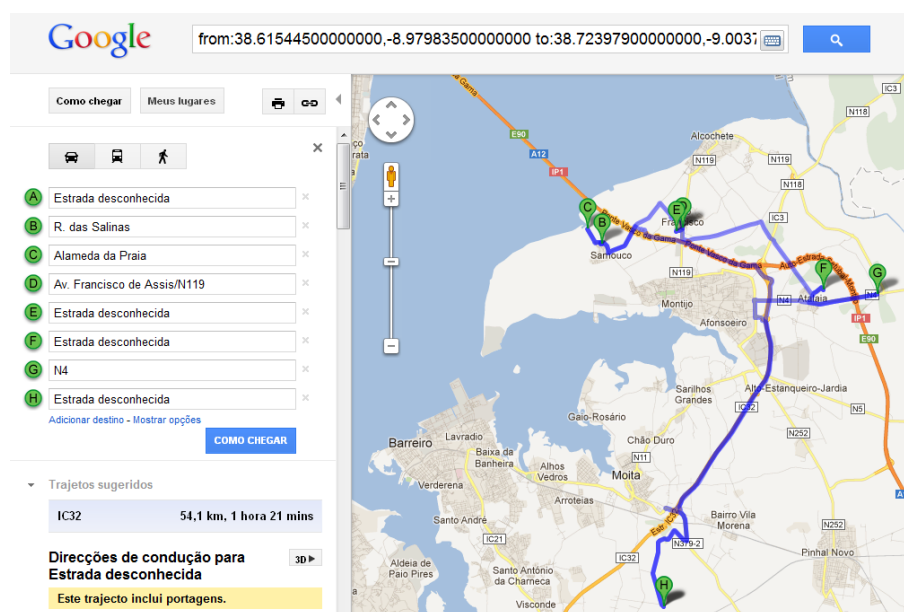


Figura 6.37: Mapa *Google.Maps* com a apresentação de uma rota gerada a partir do Painel para Gestão das Recolhas

É também possível ao planeador efetuar um duplo clique sobre um determinado arco apresentado na “Lista de arcos da rota selecionada” para obter o mapa com a indicação do percurso entre os respetivos dois ecopontos (figura 6.38).

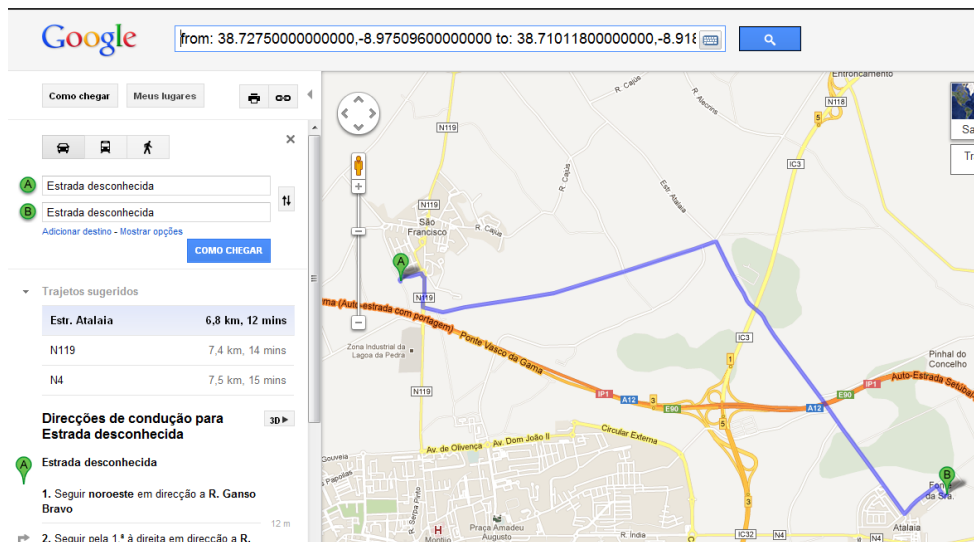


Figura 6.38: Mapa *Google.Maps* com a apresentação de um arco associado a uma rota gerada a partir do Painel para Gestão das Recolhas

Por fim, é disponibilizado o quadro “Lista resumo” que apresenta uma síntese total dos ecopontos a visitar para as várias fileiras, para o dia selecionado.

Desta forma consegue analisar-se, de uma forma simples, o tempo necessário para executar este dia de trabalho e consequentemente estimar o número de turnos necessário. A figura 6.39 apresenta um exemplo com esta informação.

Descritivo	Σ N°Ecop.	Σ Tempo(m)	Σ Tempo(h)	Σ Turnos.Nec.
Ecop.emb.visitados	40	660	11,00	1,38
Ecop.vidro visitados	39	535	8,92	1,12
Ecop.papel visitados	55	652	10,87	1,36
<b>■ 134 ■</b>	<b>1.847</b>	<b>30,79</b>	<b>3,86</b>	

Figura 6.39: Lista resumo do Painel para Gestão das Recolhas



### 6.3.3 Aprovação de uma rota

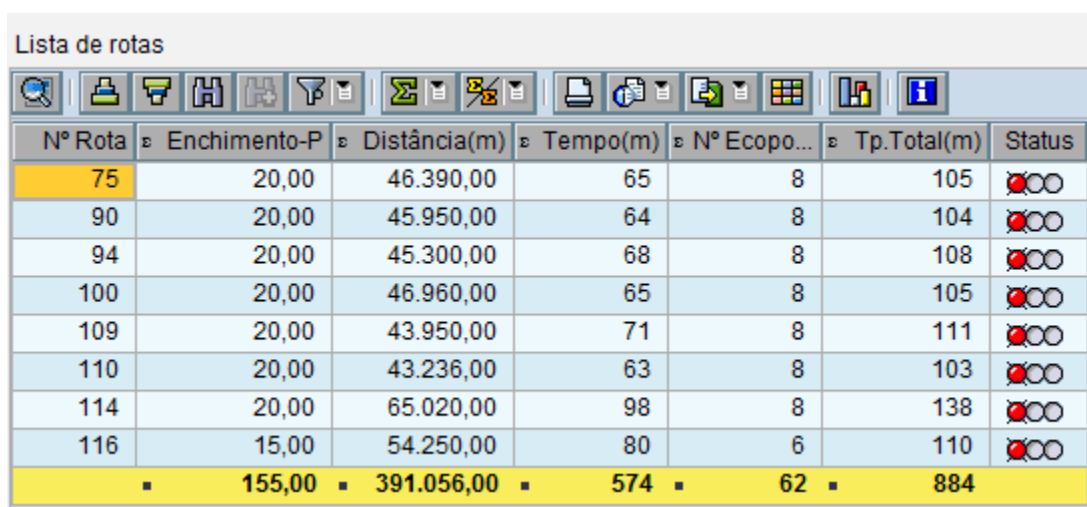
Tendo sido geradas as rotas a efetuar, o passo seguinte passa pela aprovação das ditas rotas. É apenas nesta fase que estas são registadas na base de dados, pois até este momento o planeador tem a flexibilidade de trabalhar a informação de acordo com o seu critério.

A aprovação das rotas é efetuada tendo como base a “Lista de rotas” já mencionada anteriormente. O planeador tem apenas de efetuar um duplo clique na coluna “status” correspondente à rota a aprovar.

No exemplo apresentado na figura 6.40 são apresentadas várias rotas. O planeador, ao efetuar um duplo clique na rota correspondente ao código 90, irá obter o ecrã correspondente à aprovação dessa rota.

O ecrã mencionado é reproduzido na figura 6.41, no qual deverá ser analisado o detalhe da rota e indicada a equipa responsável pela sua execução.

Lista de rotas



Nº Rota	Enchimento-P	Distância(m)	Tempo(m)	Nº Eco-po...	Tp.Total(m)	Status
75	20,00	46.390,00	65	8	105	●○○
90	20,00	45.950,00	64	8	104	●○○
94	20,00	45.300,00	68	8	108	●○○
100	20,00	46.960,00	65	8	105	●○○
109	20,00	43.950,00	71	8	111	●○○
110	20,00	43.236,00	63	8	103	●○○
114	20,00	65.020,00	98	8	138	●○○
116	15,00	54.250,00	80	6	110	●○○
■	155,00	■ 391.056,00	■ 574	■ 62	■ 884	

Figura 6.40: Lista com rotas por aprovar do Painel para Gestão das Recolhas

### Aprovação de Rota

---

**Dados da rota**

Nº Rota:	90	Fileira:	Pape1
Capacidade estimada de recolha(m3):	20,00	Data:	21.05.12
Distância estimada(m):	45.950,00	Nº ecopontos:	8
Tempo estimado(min):	64		
Tempo total estimado(min):	104	Equipa:	Equipa 1

**Percurso a efetuar:**

Ecop.Ant.	Ecop.Seg.	Distância(m)	Tempo(m)	Rua Ecop.Dest.	Re...
99.999	467	22.100,00	29	Rua dos Descob...	
467	469	500,00	2	*Rua Escola Sec...	
469	470	250,00	1	Avenida D. José ...	
470	468	260,00	1	Rua Escola Secu...	
468	471	400,00	2	Avenida da Resta...	
471	453	240,00	1	Rua Luis de Ca...	
453	476	240,00	1	Rua Professor L...	
476	452	160,00	1	R. D. Maria Teres...	
452	99.999	21.800,00	27	Sede	
		45.950,00	65		

Figura 6.41: Ecrã de aprovação de uma rota do Painel para Gestão das Recolhas

De seguida o planeador poderá premir o botão “Folha de trabalho” para obter o documento resultante a entregar à equipa que realizará este serviço.

O sistema gera um ficheiro Excel para este efeito. Um exemplo com esta informação pode ser visualizado na figura 6.42.

	A	B	C
1	Folha de trabalho		
2			
3			
4	Equipa:		AAA
5	Fileira:		Papel
6	Data:		21.10.2012
7	Nº Ecopontos:		10
8	Distância Estimada (m):		50.800,00
9	Tempo Estimado: (min)		72
10	Tempo Total Estimado: (min)		122
11			
12			
13	Código do ecoponto		Localização
14		452 R. D. Maria Teresa de Noronha / Pct. Luís Camões - Alcochete	
15		476 Rua Professor Leite da Cunha - Alcochete	
16		447 Largo da Misericórdia - Alcochete	
17		522 Praia dos Moinhos - Alcochete	
18		456 Rua 25 de Abril - Restaurante "Âncora" - Alcochete	
19		520 Rua da Cooperação / Rua dos Fundadores - Bairro dos Flamingos	
20		466 Rua da Cooperação / Rua Vasco da Gama - Bairro dos Flamingos	
21		469 Rua Escola Secundária - "Cantinho do Estudante" - Bairro dos Barris	
22		463 R. Vergílio Ferreira - Futebol Clube S. Francisco - São Francisco	
23		588 Condomínio Villa Azul - S. Francisco	
24			

Figura 6.42: Ficheiro Excel correspondente à “Folha de Serviço” gerado pelo Painel para Gestão das Recolhas

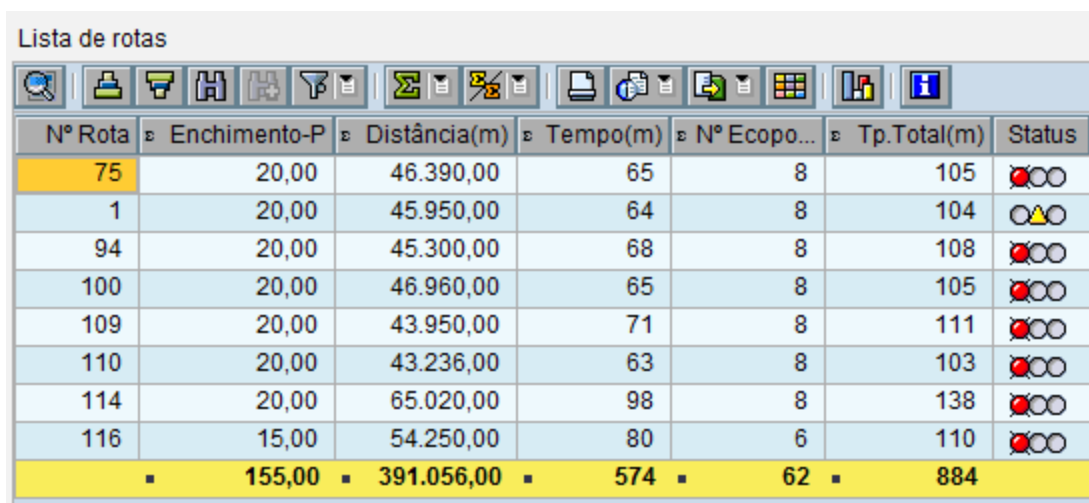
Como referido esta informação é gerada atualmente através de um ficheiro Excel. Uma das melhorias a efetuar no projeto consiste em disponibilizar esta informação através de um sistema de mobilidade, de modo a evitar a circulação de papel e tornar o processo mais rápido e eficiente.

Também aqui o planeador poderá obter o mapa da rota através do botão “GoogleMap”.

Por fim, o planeador deverá premir o botão “Aprovar” para confirmar que a rota deverá avançar.

Nesse momento o sistema guarda a informação da rota aprovada na base de dados e atualiza os dados no painel ajustando os respetivos semáforos para amarelo. Esta situação encontra-se ilustrada na figura 6.43.

Lista de rotas











Nº Rota	Enchimento-P	Distância(m)	Tempo(m)	Nº Eco-po...	Tp.Total(m)	Status
75	20,00	46.390,00	65	8	105	
1	20,00	45.950,00	64	8	104	
94	20,00	45.300,00	68	8	108	
100	20,00	46.960,00	65	8	105	
109	20,00	43.950,00	71	8	111	
110	20,00	43.236,00	63	8	103	
114	20,00	65.020,00	98	8	138	
116	15,00	54.250,00	80	6	110	
■ 155,00 ■ 391.056,00 ■ 574 ■ 62 ■ 884						

Figura 6.43: Lista com indicação de aprovação de uma rota no Painel para Gestão das Recolhas

Como foi referido, o planeador poderá alterar os valores dos vários parâmetros e voltar a correr a geração das rotas. O sistema irá apenas trabalhar com os ecopontos que não estão em rotas aprovadas ou realizadas.

### 6.3.4 Confirmar realização de uma rota

A confirmação da realização de uma determinada rota corresponde ao momento em que esta foi efetivamente concluída no terreno.

Para este registo é necessário efetuar um duplo clique no semáforo que se encontra a amarelo (rota aprovada) na “Lista de rotas”.

O sistema apresenta um ecrã onde deverão ser registados os seguintes dados:

- Se os resíduos do ecoponto foram recolhidos
- Distância real observada
- Tempo real observado
- Enchimento real observado

A figura 6.44 ilustra um exemplo com esta informação.

**Confirmar realização de rota**

---

Nº da rota:       Fileira:       Equipa:   
 Nº Ecopontos:       Data:

Ecop.Ant	Ecop.Seg	Rua Ecop.Dest	Distância esp.(m)	Tempo es...	Recolhido	Distância Real(m)	Tempo Real(m)	Enchimento Real(%)
99.999	467	Rua dos Descob...	22.100,00	29	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0	0
467	469	Rua Escola Sec...	500,00	2	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0	0
469	470	Avenida D. José ...	250,00	1	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0	0
470	468	Rua Escola Secu...	260,00	1	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0	0
468	471	Avenida da Resta...	400,00	2	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0	0
471	453	Rua Luis de Ca...	240,00	1	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0	0
453	476	Rua Professor L...	240,00	1	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0	0
476	452	R. D. Maria Teres...	160,00	1	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0	0
452	99.999	Sede	21.800,00	27	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00	0	0

Figura 6.44: Confirmação da realização de rota no Painel para Gestão das Recolhas

Posteriormente ao preenchimento destes dados, o planeador deverá premir o botão “Confirmação de realização” para que o sistema registe na base de dados esta informação. Posteriormente poderá confrontar-se os dados reais com as estimativas iniciais e desta forma efetuar os ajustamentos necessários.

Tal como na situação das aprovações das rotas, também aqui poder-se-ia automatizar o procedimento de confirmação da realização das rotas através de um sistema de mobilidade, para que seja o próprio motorista a registar os dados durante a recolha.

### 6.3.5 Aspetos técnicos relativos à implementação do painel

Apresentado o funcionamento do painel de gestão das rotas, descrevem-se nos próximos subcapítulos alguns tópicos técnicos relevantes no âmbito da implementação do painel.

A implementação do painel, como referido, foi realizada em SAP utilizando a linguagem de programação ABAP. Mais concretamente foram utilizadas as classes criadas de acordo com o desenvolvimento do algoritmo *Clarke and Wright*. Neste âmbito foi utilizada a vertente em programação em objetos desta linguagem de programação.

Infelizmente o ABAP ainda não permite a gestão dos ecrãs via programação por objetos [BC401] e portanto nesta perspetiva utilizou-se a chamada programação procedimental. Devido à grande mais-valia na utilização da programação por objetos, apenas se utilizou o tipo de programação procedimental quando não existia alternativa.

Para além das classes desenvolvidas, foram utilizadas também algumas classes *standard* disponibilizadas pela SAP, por exemplo para preencher e organizar os conteúdos dos vários ecrãs com a necessária informação [ALV01].

Descreve-se de seguida alguma informação técnica relativa à forma como foi implementado o painel de acordo com as várias funcionalidades disponibilizadas.

Inicialmente apresentam-se as tabelas criadas com vista a registar a informação das rotas aprovadas e realizadas.

Posteriormente efetua-se uma explicação de como a informação relevante para a gestão das rotas é obtida na fase inicial do programa. Segue-se uma breve exposição relativa à forma como o ecrã principal (painel) foi desenvolvido e por fim apresenta-se informação ao nível dos processos de aprovação e registo de realização das rotas.

### 6.3.5.1 Criação de tabelas na base de dados

Como foi referido, toda a informação associada com a aprovação e a realização das rotas é registada na base de dados do SAP. Esta informação é essencial para a normal gestão das rotas, uma vez que o planeador tem necessariamente de saber em determinado momento quais as rotas aprovadas e realizadas, constituindo um suporte fundamental para a tomada de decisões.

Adicionalmente, no futuro ter-se-á uma considerável quantidade de informação que poderá ser utilizada na otimização das estimativas de enchimento dos ecopontos, ou em outras análises ao nível da gestão deste processo.

Para este efeito foram criadas as seguintes tabelas na base de dados do SAP:

- Tabela referente ao registo das recolhas reais a um nível agregado

Pretende-se nesta tabela guardar a informação ao nível agregado das recolhas efetuadas em cada rota. A granularidade aqui apresentada não vai além da rota.

Apresentação da respetiva caracterização relacional [WIBD]:

Recolhas\_reais\_agregado(código, fileira, data\_recolha, equipa, status, enchim\_esp, enchim\_real)

O campo “código” corresponde ao identificador da rota registada na base de dados, definindo o nível da granularidade da tabela. Poderá existir o mesmo código de rota para fileiras e/ou para datas de recolha distintas, nesse sentido os campos “fileiras” e “data\_recolha” constituem, conjuntamente com o código da rota, as chaves primárias da tabela.

Como se pode constatar, nesta tabela é registada informação agregada obtida tendo em conta as várias rotas. O campo status indica se esta rota encontra-se planeada ou realizada. Os campos “enchim\_esp” e “enchim\_real” indicam respetivamente a informação associada ao nível de enchimento esperado e real de cada rota.

O nome técnico desta tabela é ZGETM\_REC\_REAIS. Na figura 6.45 apresentam-se os respetivos dados técnicos retirados diretamente do SAP.

Tabela transp.

ZGETM\_REC\_REAIS

ativo

Descrição breve

Registo de recolhas reais cabeçalho

Características

Entrega e atualização

Campos

Entrs.pos

Aj.p/pes.

TI

Campo	Chv	Val...	Elemento dados	Tipo de...	Compr
MANDT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MANDT	CLNT	3
CODIGO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	INT4	INT4	10
FILEIRA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CHAR10	CHAR	10
DATA RECOLHA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	DATS	DATS	8
EQUIPA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR10	CHAR	10
STATUS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CHAR1	CHAR	1
ENCHIM ESP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NETWR	CURR	15
ENCHIM REAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NETWR	CURR	15

Figura 6.45: Representação técnica da tabela SAP referente às recolhas reais - cabeçalho

- Tabela referente ao registo das recolhas reais ao nível do item

A granularidade desta tabela apresenta um nível mais detalhado, pois são aqui registadas informações ao nível dos arcos que compõem as rotas. Assim, cada registo da tabela anterior estará associado a vários registos nesta tabela.

Apresentação da respetiva caracterização relacional [WIBD]:

Recolhas\_reais\_item(código, fileira, data recolha, cod ecop1, cod ecop2, enchim\_esp, enchim\_real, tempo\_esp, tempo\_real, custo\_esp, custo\_real, recolhido)

Como foi referido, a granularidade aqui apresentada assenta ao nível dos arcos, sendo portanto apresentados os respetivos ecopontos origem e destino. Adicionalmente são considerados os níveis de enchimento, durações e distâncias esperados e reais de cada arco.

Por último, encontra-se incluído o campo “recolhido” com o objetivo de se indicar se os resíduos constantes no ecoponto destino do arco foram recolhidos. Assim, no caso de não ter sido possível recolher os resíduos, o sistema permite a indicação do nível de enchimento e restantes informações assinalando simultaneamente que a recolha não foi efetivada.



Assim, os casos em que se seja impossível aceder ao equipamento para efetuar a recolha dos seus resíduos (por exemplo, a existência de viaturas estacionadas) poderão ser identificados através desse campo.

O nome técnico desta tabela é ZGETM\_REC\_ITEM. Na figura 6.46 apresentam-se os respetivos dados técnicos retirados diretamente do SAP.

Tabela transp.

ZGETM\_REC\_ITEM

ativo

Descrição breve

Registo de recolhas reais item

Características

Entrega e atualização

Campos

Entrs.pos

Figura 6.46: Representação técnica da tabela SAP referente às recolhas reais - item

Apresenta-se na figura 6.47 o esquema relacional das duas tabelas referidas, onde se pode visualizar a forma como estas se encontram ligadas e respetivas informações.

Tal como foi referido, a tabela correspondente aos itens apresenta o detalhe dos respetivos registos da tabela agregada. Este tipo de organização simplifica e agiliza as *queries* à base de dados, permitindo aceder à tabela agregada (que contém com menos registos), quando apenas se necessita de uma análise ao nível das rotas. Por outro lado, quando se pretender aceder à informação ao nível dos arcos (itens), esta pesquisa terá o apoio da tabela agregada permitindo desta forma filtrar a informação selecionada.

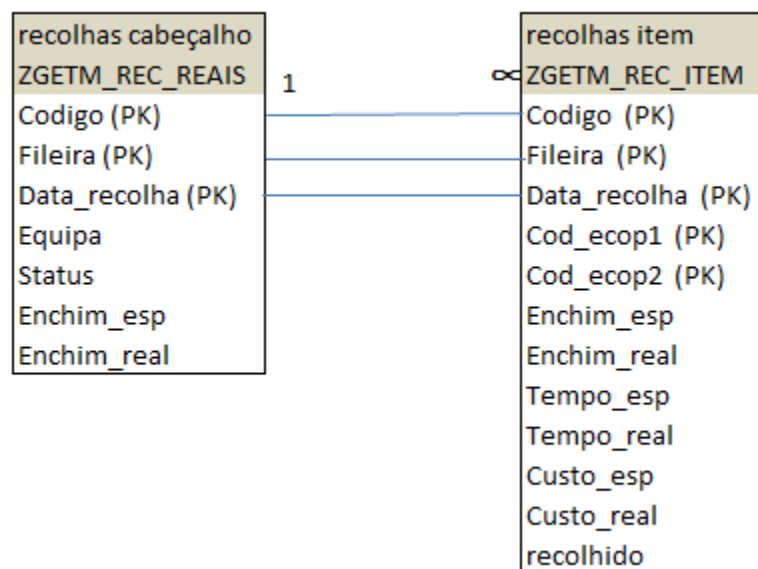


Figura 6.47: Esquema relacional da base de dados relativo ao registo dos dados planeados e reais associados às recolhas

### **6.3.5.2 Pesquisa da informação na base de dados para disponibilizar no painel principal**

De acordo com as definições indicadas no ecrã inicial, efetua-se a pesquisa à base de dados com vista à obtenção dos dados dos ecopontos e informações das rotas já aprovadas e realizadas para o período em análise.

A informação relativa aos ecopontos é obtida através da consulta à tabela ZGETM\_ECOPONTOS, já analisada anteriormente.

Posteriormente, para cada ecoponto consultam-se as tabelas ZGETM\_REC\_REAIS e ZGETM\_REC\_ITEMS com vista à obtenção da última visita efetuada. Com base nestes dados, conjuntamente com a informação referente ao número de dias estimado para enchimento do ecoponto obtido através da tabela ZGETM\_ECHIM\_MES, calcula-se a respetiva estimativa referente à percentagem de enchimento.

A informação obtida é então preparada com vista à apresentação no painel principal.

### **6.3.5.3 Geração de rotas**

Estando os dados organizados no painel principal, torna-se possível solicitar à aplicação a geração das rotas para cada dia.

Assim que é pressionado um botão correspondente à geração das rotas para um determinado dia, o sistema efetua os seguintes procedimentos:

- a. São criadas 3 instâncias da classe ZCL\_TM\_CTR\_CLARKE\_WRIGHT (controlador) para cada uma das fileiras.
- b. É executado o método “alterar\_capacidade\_viatura” para as 3 instâncias no sentido de se definir a capacidade da viatura com base no parâmetro definido.
- c. Associa-se a cada instância a respetiva fileira através do método “definir\_fileira”
- d. Para cada ecoponto considerado relevante para a recolha, cria-se a respetiva instância da classe “ZCL\_TM\_ECOPONTO” e associa-se à respetiva instância do controlador através do método “novo\_ecoponto”
- e. Geram-se as rotas através dos seguintes métodos pertencentes à classe controlador: “obter\_savings”, “criar\_rotas\_iniciais” e “calcular\_rotas”.

A informação obtida é associada ao painel principal e às listas com informação detalhada.

#### 6.3.5.4 Registo de aprovação de rota

A ação de aprovação, como foi referido anteriormente, permite ao gestor registar na base de dados a indicação de que uma determinada rota deverá ser realizada.

Ao se solicitar este procedimento na aplicação, o método “aprovacao” é invocado. Este método está associado à instância da rota selecionada.

O método referido regista nas tabelas ZGETM\_REC\_REAIS e ZGETM\_REC\_ITEMS a informação da aprovação da rota.

#### 6.3.5.5 Registo de realização de rota

Por fim, o planeador regista a realização de uma rota, indicando os dados observados no terreno. Ao selecionar-se este procedimento o sistema regista nas tabelas ZGETM\_REC\_REAIS e ZGETM\_REC\_ITEMS os dados reais definidos no ecrã referente à realização da rota. Os métodos utilizados para este efeito pertencem às instâncias de cada arco da rota realizada.

Estes métodos são os seguintes:

- a. “Definir\_custo\_real” → Regista no respetivo arco o custo real indicado
- b. “Definir\_tempo\_real” → Regista no respetivo arco o tempo real indicado

Para cada instância de ecoponto associado a cada arco aplicam-se os seguintes métodos:

- a. “Definir\_enchimento\_real” → Regista o enchimento real observado no ecoponto
- b. “Definir\_recolhido” → No caso de este campo estar ativado, é registado na base de dados a indicação de que os resíduos do ecoponto foram recolhidos

Por fim, utiliza-se o método “realizacao” associado à instância rota, para registar este evento na base de dados.

## 6.4 Desenho geral da aplicação

No seguimento da informação descrita nos subcapítulos anteriores, a implementação da aplicação inclui uma série de subáreas. Esta estruturação de uma forma modelar torna possível melhorar ou detalhar parte do sistema sem que seja necessário revisitar toda a estrutura da aplicação.

Por exemplo, a melhoria da estimativa do nível do enchimento dos ecopontos não obriga a qualquer alteração no âmbito do painel da gestão das rotas.

O mesmo acontece ao nível das classes desenvolvidas, já que pela lógica da programação orientada por objetos é garantido o encapsulamento dos dados.

A figura 6.48 ilustra a arquitetura geral da aplicação, estruturando e organizando de uma forma agregada as várias componentes deste processo.

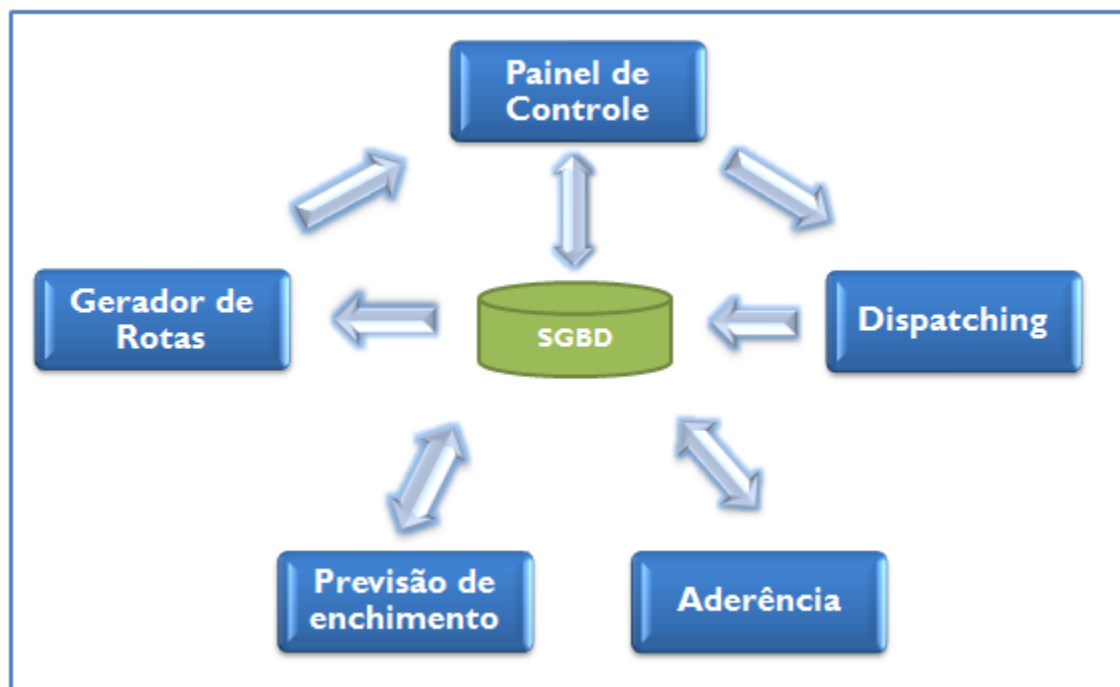


Figura 6.48: Arquitetura do sistema

Na área central da figura apresenta-se naturalmente o SGBD que permite armazenar a informação que deve constar como residente em todo o processo.

Associado à base de dados encontra-se o modelo de previsão do nível de enchimento dos ecopontos, que com base nos dados reais que vão sendo registados na aplicação, poderá ajustar e melhorar esta informação para que desta forma todo o sistema, de um modo agregado, fique mais eficiente.

O módulo associado à gestão das rotas, também necessita da informação constante na base de dados com vista a processar os dados necessários para gerar as rotas a executar. A informação ao nível das últimas recolhas efetuadas complementadas com as previsões do nível do enchimento dos ecopontos são então peças fundamentais neste fluxo.

Com uma forte ligação com o módulo “Gerador de Rotas” surge a aplicação relativa ao painel de controle, uma vez que este painel gera as rotas a efetuar numa perspetiva semanal. Este painel obtém da base de dados a informação dos ecopontos e devolve os dados que vão sendo registados no decorrer do processo.

As rotas geradas pelo painel são então executadas no terreno, entrando-se no módulo denominado de “*dispatching*”. Este processo poderá incluir sistemas de mobilidade para agilizar o sistema. Os dados obtidos neste módulo são registados na base de dados.

Por último, tem-se o módulo associado com a aderência do modelo à realidade. Este fluxo permite analisar os dados que vão sendo registados na aplicação por forma a reajustar a plataforma para adaptá-la à realidade. Os dados destas análises alimentam necessariamente o SGBD com vista à realização de futuras previsões.

## **7 Simulações e respetivas análises através do painel de gestão das rotas**

Uma vez concluída a implementação do sistema informático que permite gerir e planear as rotas de recolha dos resíduos dos ecopontos, procede-se nesta fase à realização de simulações com vista a analisar o comportamento da aplicação.

O objetivo destas simulações consiste nos seguintes pontos:

- Validar a aplicação a nível da fidedignidade dos dados como também a nível da operacionalidade do sistema.
- Obter dados que permitam aferir quais os recursos e distâncias necessários para efetuar a recolha durante o período de uma semana.
- Analisar os ganhos associados ao ajustamento manual a efetuar por parte do planeador comparativamente com o cálculo automático efetuado pela aplicação.
- Comparar as diferenças ao nível do número de turnos necessário e distâncias percorridas ao alterar-se o parâmetro correspondente ao nível de enchimento a partir do qual se considera um ecoponto relevante para recolha dos seus resíduos.
- Analisar os dados relativos à inclusão de um novo ecoponto no sistema.

Neste âmbito realizam-se 4 simulações com os cenários seguintes:

- Simulação 1 – Simulação em que o parâmetro correspondente ao limite mínimo para a recolha é de 50%, sem ajustamentos manuais.
- Simulação 2 – Simulação em que o parâmetro correspondente ao limite mínimo para a recolha é de 75%, sem ajustamentos manuais.
- Simulação 3 – Simulação com exemplos de ajustamentos manuais.
- Simulação 4 - Simulação em que o parâmetro correspondente ao limite mínimo para a recolha é de 50%, sem ajustamentos manuais e com a inclusão de um novo ecoponto no sistema.

Assumem-se nestas simulações os seguintes valores para os diversos parâmetros existentes:

- Percentagem limite para a recolha: 50% ou 75%
- Capacidade máxima das viaturas: 20 m<sup>3</sup>
- Tempo médio de recolhas: 5 minutos
- Número de horas por turno: 8 horas

Com exceção da simulação 3, não são contemplados quaisquer ajustamentos manuais nas simulações, que poderiam acrescentar ao modelo alguma sensibilidade da parte do planeador.

As simulações utilizam os dados dos seguintes municípios:

- Alcochete
- Barreiro
- Moita
- Montijo
- Palmela

O intervalo temporal considerado corresponde à semana com início no dia 30.04.2012.

A escolha desta semana deve-se apenas ao facto de se tentar evitar a escolha uma data pertencente a um dos extremos do intervalo temporal dos dados obtidos, que corresponde ao ano de 2010.



## 7.1 Simulação 1 - 50%

Nesta simulação considera-se que parâmetro que indica o limite mínimo para a recolha é de 50%. Assim, todos os ecopontos com um nível de enchimento superior ou igual a 50% são definidos como relevantes e portanto serão incluídos em rotas.

Através do painel desenvolvido geram-se as rotas para cada dia da semana em estudo.

Uma das análises necessárias consiste na validação de uma afirmação efetuada anteriormente que referia que uma rota nunca excede as usuais 8 horas de trabalho de uma equipa. Assim, analisa-se as rotas geradas para a segunda-feira correspondente à semana em análise obtendo-se os resultados apresentados na figura 7.1.

N° Rota	Enchimento-P	Distância(m)	Tempo(m)	N° Eco...	Tp.Total(m)	Status
65	11,40	48.550,00	83	8	123	●○○
71	19,32	32.090,00	61	10	111	●○○
94	17,89	37.750,00	72	13	137	●○○
104	18,24	33.000,00	79	10	129	●○○
105	19,00	33.800,00	82	14	152	●○○
▪	85,85	185.190,00	377	55	652	

Figura 7.1: Lista de rotas obtidas na simulação 1

Constata-se que a rota mais extensa e com um maior tempo de execução corresponde à rota identificada com o número 105. Esta rota tem o total de 152 minutos que corresponde a menos de 3 horas, portanto perfeitamente dentro do limite das habituais 8 horas de trabalho de cada turno.

As várias simulações efetuadas revelam sempre rotas dentro do limite do número de horas máximo de trabalho de cada turno.

Os dados obtidos na presente simulação encontram-se organizados em tabelas estruturadas de acordo com os dias da semana e as diversas fileiras. A informação refere-se ao número de ecopontos visitados (tabela 7.1), às durações (tabela 7.2) e as distâncias (7.3) observados nas rotas geradas pela aplicação.

Número de ecopontos	Ecop.emb.visitados	Ecop.vidro visitados	Ecop.papel visitados	Total
segunda feira	39	38	54	131
terça feira	249	115	285	649
quarta feira	195	65	221	481
quinta feira	386	151	371	908
sexta feira	106	49	127	282
sábado	417	143	461	1.021
domingo	57	42	77	176
<b>Total</b>	<b>1.449</b>	<b>603</b>	<b>1.596</b>	<b>3.648</b>

Tabela 7.1: Recolhas efetuadas na simulação 1

Tempos	Tempo emb. (h)	Tempo vidro (h)	Tempo papel (h)	Turnos necessários
segunda feira	10,70	8,63	10,53	6,00
terça feira	45,75	22,98	49,40	16,00
quarta feira	36,68	12,75	37,47	12,00
quinta feira	67,12	28,98	64,62	22,00
sexta feira	22,45	10,17	25,08	9,00
sábado	72,02	27,12	77,15	24,00
domingo	13,70	9,53	15,57	6,00
<b>Total</b>	<b>268,42</b>	<b>120,16</b>	<b>279,82</b>	<b>95,00</b>

Tabela 7.2: Durações obtidas na simulação 1

Distâncias	Distância emb. (kms)	Distância vidro (kms)	Distância papel (kms)	Total
segunda feira	293,03	179,97	179,49	652,49
terça feira	859,53	437,87	822,62	2.120,02
quarta feira	679,78	228,67	611,55	1.519,99
quinta feira	1.150,81	531,29	1.094,43	2.776,54
sexta feira	479,48	193,98	475,50	1.148,96
sábado	1.245,99	490,38	1.260,39	2.996,76
domingo	338,11	189,54	292,61	820,26
<b>Total</b>	<b>5.046,73</b>	<b>2.251,69</b>	<b>4.736,60</b>	<b>12.035,02</b>

Tabela 7.3: Distâncias obtidas na simulação 1

Os turnos obtidos na tabela 7.2 são calculados dividindo as durações de cada fileira por 8, arredondando cada valor para o respetivo número inteiro superior.

Por exemplo, para domingo obtiveram-se as seguintes durações para as três fileiras (em horas): 13.70, 9.53 e 15.57. Portanto o número de turnos para cada uma das fileiras é de exatamente 2 unidades, obtendo-se um total de 6 turnos.

Identifica-se que o sistema não gerou as rotas de uma forma uniforme, como se constata no gráfico correspondente à figura 7.2, que apresenta as frequências dos ecopontos incluídos nas rotas em cada dia da semana.

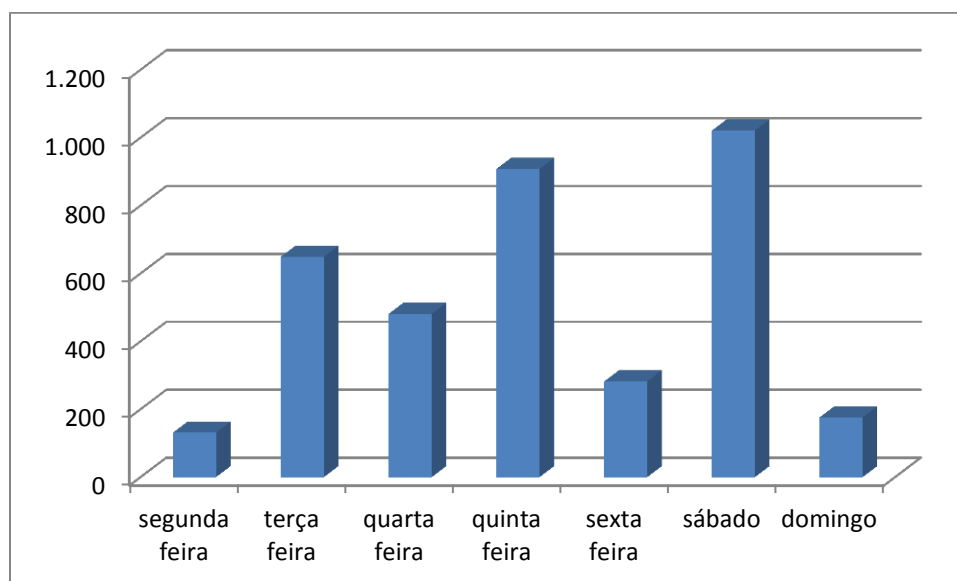


Figura 7.2: Frequências dos ecopontos incluídos nas rotas em cada dia da semana, obtidas na simulação 1

Possivelmente através do ajustamento do parâmetro correspondente à percentagem de limite para recolha se possa uniformizar as recolhas nos vários dias. A alternativa de um ajuste manual por parte do planeador permitirá obter aqui também alguma melhoria.

Os resultados fornecidos pela aplicação poderão ainda devolver rotas de uma determinada fileira com duração de, por exemplo, 10 horas. Esta situação implica necessariamente a existência de um turno para apenas realizar 2 horas, originando custos desnecessários. Através do ajustamento do parâmetro correspondente à percentagem limite para recolha poderá ser evitado este tipo de situações

Em resumo, esta simulação gerou os seguintes resultados:

- Número total de ecopontos incluídos nas rotas de recolha: 3.648 ecopontos
- Turnos necessários: 95 turnos
- Distância total percorrida: 12.035,02 quilómetros

## 7.2 Simulação 2 – 75%

Nesta simulação considera-se que parâmetro que indica o limite mínimo para a recolha é de 75%. Assim, todos os ecopontos com um nível de enchimento superior ou igual a 75% são definidos como relevantes e portanto serão incluídos em rotas.

Através do painel desenvolvido geram-se as rotas para cada dia da semana em estudo.

Tal como na simulação anterior, os dados obtidos são estruturados em 3 tabelas. As tabelas 7.4, 7.5 e 7.6 apresentam respetivamente a informação a nível do número de ecopontos visitados, as durações e as distâncias estimadas das rotas geradas.

Número de ecopontos	Ecop.emb.visitados	Ecop.vidro visitados	Ecop.papel visitados	Total
segunda feira	18	12	11	41
terça feira	76	52	114	242
quarta feira	191	75	182	448
quinta feira	175	71	223	469
sexta feira	138	27	103	268
sábado	323	144	337	804
domingo	61	21	55	137
<b>Total</b>	<b>982</b>	<b>402</b>	<b>1.025</b>	<b>2.409</b>

Tabela 7.4: Recolhas efetuadas na simulação 1

Tempos	Tempo emb. (h)	Tempo vidro (h)	Tempo papel (h)	Turnos necessários
segunda feira	6,15	3,55	3,38	3,00
terça feira	18,45	12,47	24,05	9,00
quarta feira	39,70	17,60	37,13	13,00
quinta feira	37,18	16,18	43,12	14,00
sexta feira	29,67	7,98	22,47	8,00
sábado	64,00	30,35	65,85	22,00
domingo	14,87	5,30	13,50	5,00
<b>Total</b>	<b>210,02</b>	<b>93,43</b>	<b>209,50</b>	<b>74,00</b>

Tabela 7.5: Durações obtidas na simulação 2

Distâncias	Distância emb. (kms)	Distância vidro (kms)	Distância papel (kms)	Total
segunda feira	197,26	93,54	78,29	369,09
terça feira	477,30	271,79	463,15	1.212,24
quarta feira	828,88	391,09	712,55	1.932,52
quinta feira	795,61	340,62	804,37	1.940,60
sexta feira	641,88	221,14	460,90	1.323,92
sábado	1.287,62	601,59	1.246,29	3.135,51
domingo	340,36	122,46	309,46	772,28
<b>Total</b>	<b>4.568,91</b>	<b>2.042,23</b>	<b>4.075,01</b>	<b>10.686,16</b>

Tabela 7.6: Distâncias obtidas na simulação 3

Comparando com os dados obtidos na simulação anterior, deteta-se que a distribuição semanal do total dos ecopontos visitados é um pouco mais uniforme, com exceção do sábado que de facto se destaca dos restantes dias. Esta informação é apresentada na figura 7.3.

Também neste caso o planeador poderá ajustar o modelo com vista a uniformizar estes dados.

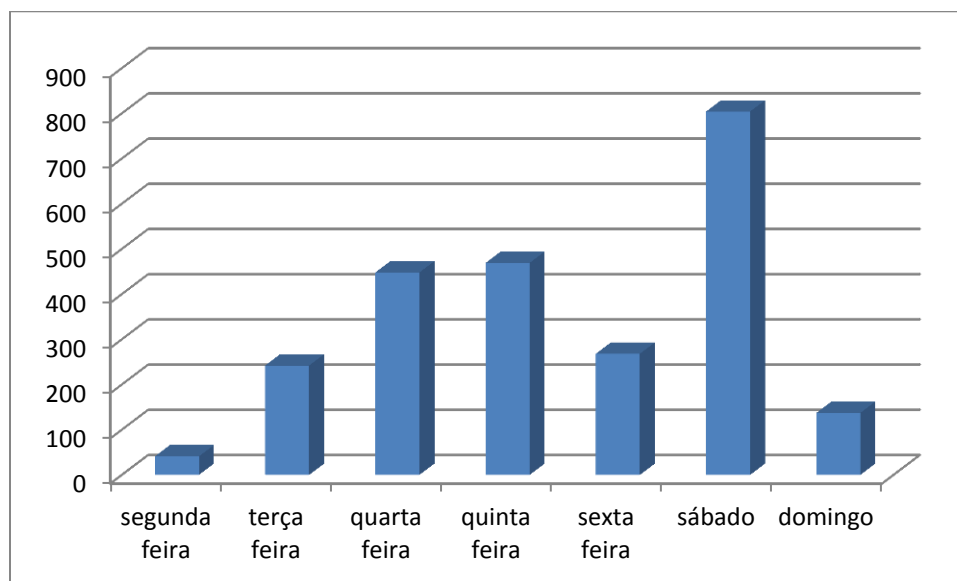


Figura 7.3: Frequências dos ecopontos incluídos nas rotas em cada dia da semana, obtidas na simulação 1

Em resumo, esta simulação gerou os seguintes resultados:

- Número total de ecopontos incluídos nas rotas de recolha: 2.409 ecopontos
- Turnos necessários: 74 turnos
- Distância total percorrida: 10.686,16 quilómetros

Os dados apresentam valores inferiores comparativamente com a simulação anterior, conseguindo-se por um lado uma maior redução de custos mas por outro lado aumenta-se o risco de sobrecarga dos ecopontos.

Será necessário analisar os resultados reais obtidos nas recolhas realizadas, para que desta forma se consiga aferir se o incremento do parâmetro correspondente à percentagem limite para a recolha terá como consequência o aumento da existência de resíduos fora dos ecopontos.

### 7.3 Simulação 3 – Exemplos de ajustamentos manuais

Como já foi referido, a aplicação assenta também na sensibilidade e na visão prática do planeador. Neste capítulo apresenta-se a forma como o planeador poderá intervir no processo através da realização de alguns ajustamentos.

Serão abordados acertos ao nível dos turnos, evitando por exemplo que a atribuição de rotas a um determinado turno resulte numa respetiva duração residual. Nestes casos poder-se-á, por exemplo, cancelar/adiar a visita de alguns ecopontos.

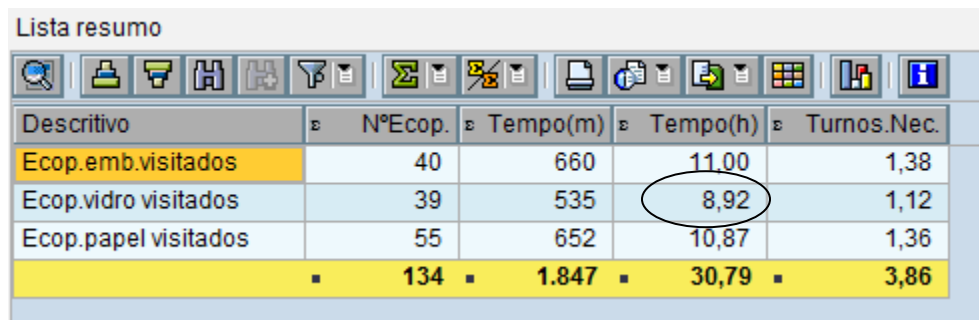
Outro ajuste a considerar consiste na possibilidade de se uniformizar o número de recolhas ao longo da semana. Como se constatou nas simulações anteriores, existe a possibilidade de se obter uma distribuição muito desigual de rotas ao longo de uma semana. Esta situação poderá provocar uma má otimização da utilização dos recursos.

#### 7.3.1 Otimizar turno

Como foi referido, o objetivo consiste em otimizar turnos, por outras palavras evitar a existência de turnos onde o trabalho atribuído tem uma duração reduzida.

O exemplo apresentado na figura 7.4 lista as rotas geradas pela aplicação para um determinado dia.

Lista resumo



Descritivo	NºEcop.	Tempo(m)	Tempo(h)	Turnos.Nec.
Ecop.emb.visitados	40	660	11,00	1,38
Ecop.vidro visitados	39	535	8,92	1,12
Ecop.papel visitados	55	652	10,87	1,36
	134	1.847	30,79	3,86

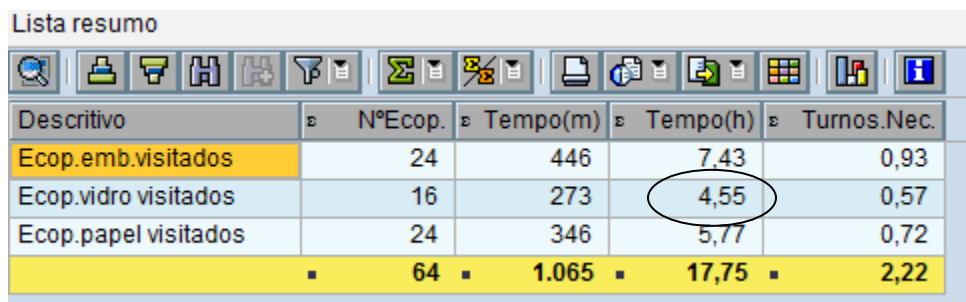
Figura 7.4: Lista de rotas obtidas na simulação 3

Observa-se que para a fileira Vidro o tempo necessário será aproximadamente 9 horas. Uma vez que os turnos são compostos por blocos de 8 horas, constata-se que o segundo turno terá um tempo residual.



Neste caso o planeador poderá efetuar o ajustamento através da manipulação do parâmetro correspondente ao limite para a recolha. Para este exemplo, alterando estes valores para 55% obtêm-se os resultados indicados na figura 7.5.

Lista resumo



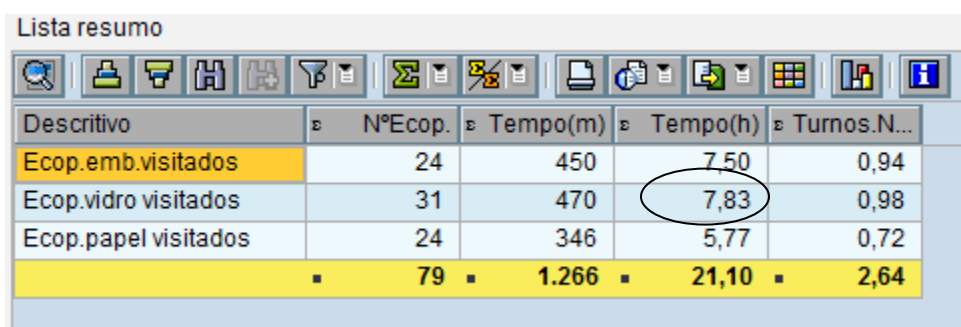
Descritivo	N°Ecop.	Tempo(m)	Tempo(h)	Turnos.Nec.
Ecop.emb.visitados	24	446	7,43	0,93
Ecop.vidro visitados	16	273	4,55	0,57
Ecop.papel visitados	24	346	5,77	0,72
	64	1.065	17,75	2,22

Figura 7.5: Lista de rotas obtidas na simulação 3 com ajustamento do parâmetro correspondente ao limite para a recolha

A alteração efetuada não foi ao encontro do pretendido. Deteta-se a existência de uma grande quantidade de ecopontos com um nível previsto de enchimento entre 50% e 55% da sua capacidade, uma vez que se constatou uma grande redução no tempo de recolha previsto, sendo agora de 4 horas e meia.

O planeador poderá manualmente incluir alguns ecopontos para tentar otimizar o tempo total da rota, obtendo por exemplo o resultado apresentado na figura 7.6.

Lista resumo



Descritivo	N°Ecop.	Tempo(m)	Tempo(h)	Turnos.Nec.
Ecop.emb.visitados	24	450	7,50	0,94
Ecop.vidro visitados	31	470	7,83	0,98
Ecop.papel visitados	24	346	5,77	0,72
	79	1.266	21,10	2,64

Figura 7.6: Lista de rotas obtidas na simulação 3 com ajustamento através da inclusão de novos ecopontos

Obtém-se aqui um tempo estimado de aproximadamente 8 horas, que era de facto o resultado pretendido.

O planeador poderá aprovar as rotas geradas para a fileira Vidro e voltar a aplicar esta metodologia para as restantes fileiras.

### **7.3.2 Distribuir de forma uniforme as recolhas pela semana**

Como se constatou na simulação 1, a distribuição do número de ecopontos recolhidos é bastante distinto ao longo da semana.

A figura 7.2, analisada anteriormente, descreve claramente esta situação.

Também através do parâmetro correspondente à percentagem limite para a recolha, o planeador tem a possibilidade de ajustar o modelo obtendo uma distribuição mais uniforme.

Por exemplo, na simulação 1 obteve-se um modelo que apresentou um total de 3.648 ecopontos visitados. Assim, o planeador com base nesta referência poderia manipular em cada dia a percentagem do parâmetro referido e obter assim uma melhor distribuição das recolhas.

Todavia, o planeador deverá ter em atenção que provavelmente estes ajustes vão implicar que alguns ecopontos serão visitados mesmo estando menos/mais cheios do que a situação ideal recomenda, mas em contrapartida os custos deste processo serão certamente reduzidos.

## 7.4 Simulação 4 – novo ecoponto

Nesta simulação considera-se que parâmetro de limite para a recolha é de 50% mas inclui-se um novo ecoponto no sistema.

Apresentam-se os dados do novo ecoponto:

- Código: 359
- Concelho: Moita
- Número médio de dias para enchimento para as três fileiras: 2 dias

Ao definir-se que o número médio de dias para o enchimento corresponde a 2 dias e tendo em conta que o parâmetro de limite para recolha é de 50%, conclui-se que este ecoponto será recolhido diariamente.

O objetivo consiste na realização de uma simulação idêntica à “simulação 1” que permita identificar se as diferenças dos dados obtidos são significativas. Desta forma, avalia-se o comportamento da aplicação no que se refere ao aumento de custos e durações das rotas resultantes da inclusão um novo ecoponto ao modelo.

Através do painel desenvolvido geram-se as rotas para cada dia da semana obtendo-se os resultados estruturados nas tabelas 7.6, 7.7 e 7.8.

Número de ecopontos	Ecop.emb.visitados	Ecop.vidro visitados	Ecop.papel visitados	Total
segunda feira	40	39	55	134
terça feira	250	116	286	652
quarta feira	196	66	222	484
quinta feira	387	152	372	911
sexta feira	107	50	128	285
sábado	418	144	462	1.024
domingo	58	43	78	179
<b>Total</b>	<b>1.456</b>	<b>610</b>	<b>1.603</b>	<b>3.669</b>

Tabela 7.6: Recolhas efetuadas na simulação 4

Tempos	Tempo emb. (h)	Tempo vidro (h)	Tempo papel (h)	Turnos necessários
segunda feira	11,00	8,92	10,87	6,00
terça feira	45,78	23,20	49,85	16,00
quarta feira	36,92	13,03	37,80	12,00
quinta feira	67,20	29,07	64,62	22,00
sexta feira	22,28	10,88	25,15	9,00
sábado	72,17	27,38	76,98	24,00
domingo	14,27	9,85	16,03	7,00
<b>Total</b>	<b>269,62</b>	<b>122,33</b>	<b>281,30</b>	<b>96,00</b>

Tabela 7.7: Durações obtidas na simulação 4

Distâncias	Distância emb. (kms)	Distância vidro (kms)	Distância papel (kms)	Total
segunda feira	297,03	184,02	185,19	666,24
terça feira	857,98	441,77	833,25	2.133,00
quarta feira	681,88	232,67	618,84	1.533,38
quinta feira	1.152,06	531,69	1.097,52	2.781,28
sexta feira	473,23	210,43	475,60	1.159,26
sábado	1.251,26	499,32	1.249,11	2.999,68
domingo	352,26	195,64	304,61	852,51
<b>Total</b>	<b>5.065,69</b>	<b>2.295,53</b>	<b>4.764,13</b>	<b>12.125,35</b>

Tabela 7.8: Distâncias obtidas na simulação 4

Em resumo, esta simulação gerou os seguintes resultados:

- Número total de ecopontos incluídos nas rotas de recolha: 1.456 ecopontos
- Turnos necessários: 96 turnos
- Distância total percorrida: 12.125,35 quilómetros

É relevante comparar a informação agora obtida com os resultados da “simulação 1”, organizando-os na tabela 7.9.

Número de ecopontos	Simulação 1	Simulação 4	Diferença
Nº ecopontos	1.449	1.456	7
Nº Turnos	95	96	1
Distância (kms)	12.035	12.125	90

Tabela 7.9: Comparação entre simulação 4 e simulação 1

A diferença identificada a nível do número dos ecopontos visitados é de 7, pois como foi referido o novo ecoponto incluído no sistema terá de ser recolhido diariamente.

Ao nível do número de turnos, este novo cenário implica o aumento de um turno durante a semana. Talvez através um ajuste manual, o planeador conseguirá evitar o incremento deste turno.

Por fim, o novo cenário apresenta um aumento da distância percorrida em 90 quilómetros.

É portanto possível estimar o custo adicional derivado da inclusão de um novo ecoponto no sistema, analisando os custos associados à deslocação adicional de 90 quilómetros semanais e ao novo turno a incluir (caso não seja possível efetuar o referido ajustamento).

## 8 Prova de valor

Este capítulo tem como objetivo compilar todo o trabalho desenvolvido e, adicionalmente, testar a mais-valia do produto final obtido.

Neste âmbito, seleciona-se um determinado período temporal (março de 2010) sobre o qual serão comparados os dados reais associados com as recolhas de resíduos fornecidos pela empresa Amarsul com os dados obtidos através da simulação efetuada pela aplicação desenvolvida.

Seleciona-se o mês de março de 2010 para se evitar a escolha de um período referente a um dos extremos do intervalo de tempo sobre o qual os dados foram recolhidos. Relembra-se que os dados em estudo referem-se apenas ao ano de 2010.

Evita-se também selecionar um intervalo temporal que se encontre a meio do ano para evitar alguma sazonalidade associada aos meses de verão. Por estas razões considera-se o mês de março como um período adequado.

Chama-se à atenção de que os resultados aqui apresentados são obtidos com base em análises experimentais com fundamentos e objetivos essencialmente académicos. Poderão existir incorreções e/ou omissões na interpretação da informação neste trabalho, apesar de se ter evitado esse tipo de situações. Desta forma, os resultados finais deverão ser considerados apenas para fundamentar e testar o trabalho desenvolvido no âmbito do projeto.

Futuramente, estas mesmas análises poderão ser efetuadas através do envolvimento direto dos colaboradores das empresas interessadas neste produto, pois com o contributo dos responsáveis por esta atividade conseguir-se-á certamente resultados mais assertivos. Tal como referido no artigo “*Being Wrong With Clarke & Wright*” de Robert E. D. Woolsey [RW01], um envolvimento dos intervenientes no processo é uma peça chave para o sucesso da solução.

Inicia-se este capítulo com uma apresentação da forma como os dados reais foram obtidos. Posteriormente descreve-se a implementação de uma validação que evita visitas a ecopontos isolados, melhorando portanto a eficiência do modelo.

Na fase seguinte executam-se simulações com base no novo modelo desenvolvido, detalhando os dados obtidos e comparando-os com os valores reais de forma a analisar-se as mais-valias desta solução.

## **8.1 Tratamento e obtenção dos dados reais**

A realização da prova de valor do projeto assenta sobre os dados reais disponíveis, para que dessa forma se consigam efetuar comparações com os dados obtidos através do novo modelo desenvolvido.

Neste sentido, numa primeira fase é essencial analisar-se os dados reais disponíveis. Neste âmbito, surgiu uma dificuldade associada com o facto de os dados reais apenas apresentarem informações globais por turno, contendo os ecopontos visitados, respetivas datas e níveis de enchimento. A informação não se encontra portanto desagregada por rota, mas apenas por turno.

É portanto necessário encontrar uma forma de se obter valores aproximados dos dados reais ao nível das rotas de recolha e não apenas ao nível dos turnos.

Pretende-se assim obter para cada rota as quantidades em  $m^3$  de produto recolhido, a distância percorrida, a duração e por fim do número de ecopontos visitados.

Para este efeito, a solução adotada consiste na utilização do *software* desenvolvido no âmbito da implementação do algoritmo *Clarke and Wright* para gerar os dados em falta.

Este *software* gera rotas com base numa dada lista de ecopontos e portanto enquadra-se na resolução do problema, visto que os dados reais apresentam apenas um conjunto de ecopontos associados a um turno e pretende-se obter as respetivas rotas. Obtendo-se as rotas consegue-se extrapolar os dados relativos às respetivas distâncias e durações.

Portanto, esta solução permite a obtenção de uma aproximação dos dados necessários para se efetuar o estudo referente à prova de valor.

Admite-se no entanto que estes dados poderão consistir numa visão otimista da realidade, pois não existe a garantia que o percurso real utilizado em cada rota foi o mais otimizado. Para efeitos deste estudo admite-se que os resultados produzidos pela aplicação foram de facto os dados reais, sabendo-se de antemão que foi utilizada parte da solução desenvolvida para completar a informação relativa aos dados reais.

Assim, através de reutilização das classes anteriormente detalhadas no âmbito da implementação do algoritmo *Clarke and Wright*, geram-se as rotas de acordo com os ecopontos visitados em cada turno, respeitando os dados fornecidos pela empresa Amarsul.

Utilizando a informação obtida anteriormente a partir do *Google.Maps* obtém-se para as várias rotas inseridas em cada turno as respetivas distâncias percorridas e tempos de deslocação.

Esta informação é registada na base de dados do SAP disponibilizando a informação necessária para se prosseguir o estudo.

Nos subcapítulos seguintes apresenta-se inicialmente o detalhe do processo da obtenção dos dados reais, a nível técnico, ou seja, através da exposição da informação relativa ao programa desenvolvido para a obtenção e tratamento dos dados e respetiva tabela criada na base de dados SAP para armazenar a informação obtida.

Por fim, sintetiza-se os dados reais obtidos com vista à sua utilização na comparação com a informação proveniente das simulações.

### 8.1.1 Processo técnico de obtenção dos dados reais

Como foi referido, nesta fase completa-se a informação referente aos dados reais, pois estes apresentavam uma granularidade apenas ao nível dos turnos. Pretende-se por isso detalhar a informação ao nível das rotas.

O primeiro passo consiste na criação de uma tabela para se armazenar os dados. Foi então criada a seguinte tabela denominada de “Detalhe dos turnos” com o código ZGETM\_TURNOS:

- Tabela com detalhe dos turnos

turnos(turno, fileira, liquido, data\_recolha, kms, tempo, n\_ecop)

Em resumo, esta tabela apresenta como chave o código do turno e a respetiva fileira. Constatase portanto que ao definir-se a chave desta forma não se regista no SAP as rotas reais. Optou-se por calcular internamente no programa as rotas de cada turno e apenas registar na base de dados os totais associados com as distâncias, durações e quantidades recolhidas das rotas obtidas em cada turno.

Como foi anteriormente referido, o campo “líquido” indica o peso líquido relativo aos resíduos recolhidos nos turnos. Esta informação acabou por ser ignorada pois não se conseguiu estabelecer uma relação entre o nível de enchimento dos ecopontos e o respetivo peso líquido. Assim, em alternativa, optou-se por analisar as recolhas com base no volume de resíduos dos ecopontos, sendo este calculado tendo em conta a capacidade total dos ecopontos e o nível de enchimento observado no momento da recolha.

Optou-se então por colocar neste campo, não o peso líquido mas a quantidade total em m<sup>3</sup> recolhida nas rotas inseridas nos diversos turnos.

Os restantes campos constantes nesta tabela referem-se aos seguintes dados:

- data\_recolha – Data a que se refere o turno.
- kms – Distância total percorrida pelas rotas de cada turno. Chama-se a atenção de que nome do campo está incorreto, pois a informação aqui apresentada está em metros e não em quilómetros. Esta situação foi identificada posteriormente sendo que a sua



correção implicaria uma série de alterações no modelo de dados e respetivos programas. Uma vez que esta informação será utilizada apenas para o efeito da prova de valor, não foi considerado relevante efetuar os devidos ajustamentos.

- tempo – Duração total (em segundos) percorrida pelas rotas de cada turno
- n\_ecop – Total de ecopontos visitados por cada turno

A figura 8.1 apresenta a representação técnica da tabela SAP referida.

Tabela transp.

ZGETM\_TURNOS

ativo

Descrição breve

Detalhe dos turnos

Características

Entrega e atualização

Campos

Entres.possíveis/ve

✂

📄

📄

📄

📄

🔍

➕

🗑

🔄

🔑

Aj.p/pes.

Tipo incorp

Campo	Chv	Val...	Elemento dados	Tipo de...	Compr	Casa...
MANDT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MANDT	CLNT	3	0
TURN0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	INT4	INT4	10	0
FILEIRA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	CHAR10	CHAR	10	0
LIQUIDO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NETWR	CURR	15	2
DATA RECOLHA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DATS	DATS	8	0
KMS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ZTM_CUSTO	DEC	12	2
TEMPO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ZTM_TEMPO	INT4	10	0
N_ECOP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INT4	INT4	10	0

Figura 8.1: Representação técnica da tabela SAP referente ao detalhe dos turnos

Após a criação da referida tabela na base de dados desenvolve-se o programa para carregamento dos dados, consistindo nos seguintes passos:

1. Carregamento da informação inicial disponibilizada pela empresa Amarsul

Os dados base encontram-se disponibilizados no ficheiro “Lista com peso líquido recolhido nos vários turnos de recolha”, apresentado no capítulo 3.

Com base no respetivo ficheiro são aproveitados os campos referentes ao código do turno e ao código da fileira.

Como foi referido, o campo “peso líquido” é desprezado pois apenas se conseguirá comparar a informação tendo em conta o volume de resíduos nos ecopontos e não através do peso líquido.

Relembra-se que a quantidade de resíduos dos ecopontos é obtida através do nível de enchimento observado no momento da recolha dos resíduos de cada ecoponto.

## 2. Obter a data de recolha

O ficheiro base da informação dos turnos, utilizado no ponto anterior, não disponibiliza a data de cada um desses turnos.

Para este efeito é necessário aceder à tabela ZGETM\_RECOLHAS, já analisada anteriormente, para se obter a data de cada turno. Esta tabela contém a informação das recolhas totais efetuadas.

Pelo facto de o campo relativo ao turno não constituir a chave da tabela das recolhas, é apenas necessário aceder a um registo dessa tabela para cada turno e assim obter a informação correspondente à data.

## 3. Obter totais relativos à duração, distância e quantidades recolhidas das rotas dos diversos turnos

Como foi referido, foram utilizadas as classes desenvolvidas no âmbito da implementação do algoritmo *Clarke and Wright*.

Assim, a classe ZCL\_TM\_CTR\_CLARK\_WRIGHT (controlador) constitui a base para este processo, permitindo gerir todo o processo de gestão das rotas. Avança-se então com a sua instanciação.

Para cada turno acede-se à tabela ZGETM\_RECOLHAS e obtém-se os respetivos ecopontos visitados. Estes ecopontos são adicionados ao controlador através do método "novo\_ecoponto".

A partir deste ponto, procede-se à normal execução do algoritmo obtendo-se as respetivas rotas. São invocados os necessários métodos para se obter os totais a nível das durações, distâncias e quantidades recolhidas. Finalmente, estes dados são então registados na tabela ZGETM\_TURNOS.

### 8.1.2 Síntese dos dados reais obtidos

Seguindo o processo iniciado no ponto anterior, estrutura-se na tabela 8.1 os respetivos valores obtidos.

A informação referente às colunas “Qt. Recolhida”, “Distância”, “Duração” e “Nº Ecop” são gerados diretamente através da informação devolvida pelo programa apresentado no ponto anterior.

A coluna “Nº Turnos” obtém-se diretamente dividindo os montantes da coluna “Duração” pelo tempo de trabalho de cada turno, ou seja, por oito horas.

Por último, os litros consumidos são calculados com base numa estimativa apresentada pela empresa Amarsul. Esta estimativa aponta para um consumo de 69,6 litros em cada 100 quilómetros. A análise relativa a esta estimativa será efetuada mais à frente no trabalho.

Dados Reais	Qt. Recolhida (m3)	Distância (metros)	Distância (kms)	Duração (horas)	Nº Ecop	Nº Turnos	Litros
Embalagem	5.851	12.035.271	12.035	755	4.474	94	8.377
Papel	5.249	12.103.627	12.104	730	4.299	91	8.424
Vidro	507	1.726.793	1.727	99	566	12	1.202
Total	11.607	25.865.691	25.866	1.584	9.339	198	18.003

Tabela 8.1: Dados reais obtidos para a prova de valor

## 8.2 Implementação de validação para evitar grandes deslocações

Ao longo do estudo ao nível da prova de valor identificaram-se situações em que numa determinada área geográfica apenas um ou dois ecopontos encontravam-se relevantes para serem incluídos numa rota de recolha. Os restantes ecopontos localizados na mesma zona, pelo seu nível estimado de enchimento ser baixo, não se encontravam portanto classificados como relevantes para o algoritmo.

Estas situações originam rotas extensas apenas para recolher um ecoponto distante dos restantes, provocando um aumento de custos sem a necessária mais-valia, pois possivelmente este ecoponto poderia ser visitado num outro dia em que já existam outros ecopontos próximos e relevantes para a recolha dos seus resíduos.

No sentido de solucionar este problema, foi implementada uma validação indicando que apenas são considerados os *savings* cuja distância dos respetivos ecopontos não exceda um valor pré definido pelo planeador.

Todavia, esta solução poderá provocar uma situação em que um determinado ecoponto isolado não seja visitado durante um extenso período, provocando o total esgotamento da sua capacidade. Para evitar este tipo de problema, ativou-se um outro parâmetro que permite ao planeador indicar o nível de enchimento a partir do qual esta validação deixa de estar ativa. Desta forma evita-se que um determinado ecoponto fique excluído permanentemente de todo o processo apenas por se encontrar afastado dos restantes.

Panel de programação das rotas de recolha

Panel de programação das rotas de recolha

2ª feira 3ª feira 4ª feira 5ª feira 6ª feira Sábado Domingo Definir relevância automaticamente Aprovar todas as rotas Realizar todas as rotas

Dados Gerais 1  
Data: 17.09.2012 Percentagem limite para recolha: 75

Dados Gerais 2  
Capacidade max. esturas(m3): 20 Tempo médio recolha(m): 5 N.º de horas por turno: 8,00  
Distância máx entre ecop(m): 5.000 Ench.min.ecop.afastados(%): 90

Panel Principal

Nº Ecop	Descrição	Concelho	Freguesia	Nº Dias Médio	DL Util. Recolha	2-Enchim.Esp	2-Relevante	2-S	2-Nº Rota	3-Enchim.Esp	3-Relevante	3-S	3-Nº Rota	4-Enchim.Esp	4-Relevante	4-S	4-Nº Rota
447	Largo da Misericórdia - ...	Alcochete	Papel	6,12	25.03.2012	100	✓	100	1	16	✓	100	0	32	✓	100	0
447	Largo da Misericórdia - ...	Alcochete	Embalagem	31,00	20.03.2012	100	✓	100	1	3	✓	100	0	6	✓	100	0
447	Largo da Misericórdia - ...	Alcochete	Vidro	26,40	29.02.2012	100	✓	100	1	4	✓	100	0	8	✓	100	0
448	Largo Coronel Ramos - ...	Alcochete	Papel	6,44	24.03.2012	100	✓	100	2	16	✓	100	0	32	✓	100	0
448	Largo Coronel Ramos - ...	Alcochete	Embalagem	10,33	24.03.2012	100	✓	100	2	10	✓	100	0	20	✓	100	0
448	Largo Coronel Ramos - ...	Alcochete	Vidro	92,00	29.02.2012	100	✓	100	2	1	✓	100	0	2	✓	100	0
449	Rua Ruy Sousa Vinagre - ...	Alcochete	Papel	7,25	25.03.2012	100	✓	100	3	14	✓	100	0	28	✓	100	0
449	Rua Ruy Sousa Vinagre - ...	Alcochete	Embalagem	6,20	30.03.2012	100	✓	100	3	16	✓	100	0	32	✓	100	0
449	Rua Ruy Sousa Vinagre - ...	Alcochete	Vidro	0,00	29.02.2012	0	✓	100	0	0	✓	100	0	0	✓	100	0
450	Alameda Grupo Despor...	Alcochete	Papel	7,00	25.03.2012	100	✓	100	4	14	✓	100	0	28	✓	100	0
450	Alameda Grupo Despor...	Alcochete	Embalagem	6,63	30.03.2012	100	✓	100	4	15	✓	100	0	30	✓	100	0
450	Alameda Grupo Despor...	Alcochete	Vidro	0,00	29.02.2012	0	✓	100	0	0	✓	100	0	0	✓	100	0
451	Avenida Canto do Pinhe...	Alcochete	Papel	10,00	25.03.2012	100	✓	100	5	10	✓	100	0	20	✓	100	0
451	Avenida Canto do Pinhe...	Alcochete	Embalagem	8,17	30.03.2012	100	✓	100	5	12	✓	100	0	24	✓	100	0
451	Avenida Canto do Pinhe...	Alcochete	Vidro	0,00	29.02.2012	0	✓	100	0	0	✓	100	0	0	✓	100	0
452	R. D. Maria Teresa de N...	Alcochete	Papel	4,20	27.03.2012	100	✓	100	6	24	✓	100	0	48	✓	100	0
452	R. D. Maria Teresa de N...	Alcochete	Embalagem	5,04	27.03.2012	100	✓	100	6	20	✓	100	0	40	✓	100	0
452	R. D. Maria Teresa de N...	Alcochete	Vidro	0,00	29.02.2012	0	✓	100	0	0	✓	100	0	0	✓	100	0
453	Rua Luis de Camões - ...	Alcochete	Papel	7,83	30.03.2012	100	✓	100	7	13	✓	100	0	26	✓	100	0
453	Rua Luis de Camões - ...	Alcochete	Embalagem	0,57	30.03.2012	100	✓	100	7	11	✓	100	0	22	✓	100	0

Dia: Fileira: Rota:

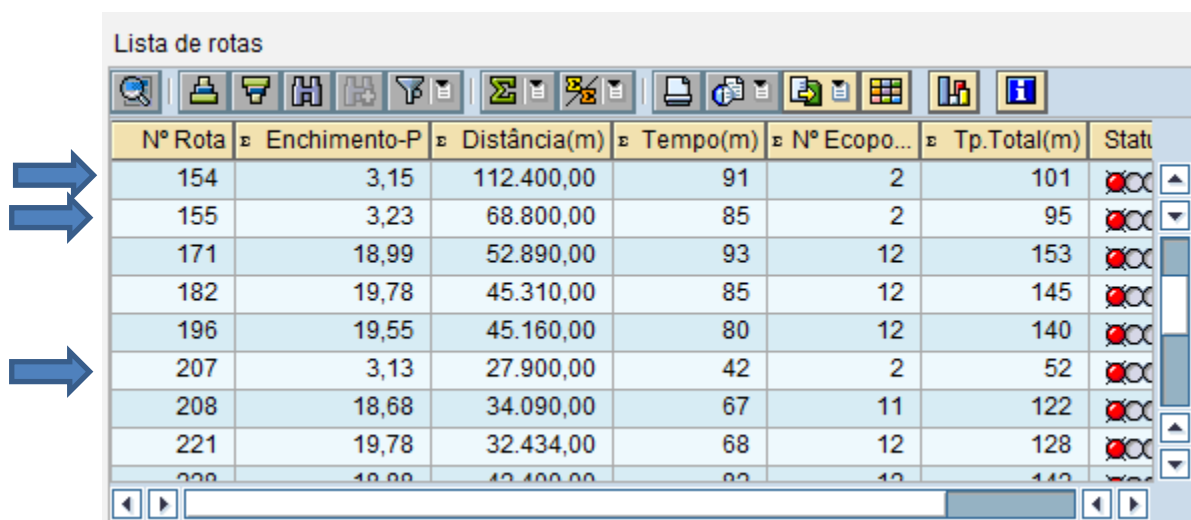
Figura 8.2 Parâmetros que evitam a visita de ecopontos isolados

Na figura 8.2 apresenta-se um exemplo do ecrã do painel de gestão de rotas com os parâmetros referidos ativos. Neste exemplo é indicado que não poderão ser incluídas numa rota percursos entre dois ecopontos com uma distância superior a 5.000 metros, a menos que um deles tenha um nível de enchimento superior a 90%.

Depois de efetuados alguns testes utilizando esta validação, rapidamente se verificou a existência de rotas com um número muito reduzido de ecopontos, por vezes contendo apenas um ecoponto (além da sede). Isto sucede devido ao facto de ao se excluir os *savings* referentes a um equipamento que se encontra isolado, o algoritmo acaba por criar uma rota exclusivamente para este equipamento. Isto porque o *saving* inicial entre este ecoponto e a sede é sempre mantido.

Cabe ao planeador ignorar este tipo de rotas, sendo possível também desprezá-las de forma automática se assim for entendido. Atualmente estas rotas constam no sistema precisamente para dar visibilidade a este tipo de situações.

Para exemplificar esta situação efetua-se uma simulação obtendo-se os dados apresentados na figura 8.3.



N° Rota	Enchimento-P	Distância(m)	Tempo(m)	N° Eco...	Tp.Total(m)	Status
154	3,15	112.400,00	91	2	101	Red circle with X
155	3,23	68.800,00	85	2	95	Red circle with X
171	18,99	52.890,00	93	12	153	Red circle with X
182	19,78	45.310,00	85	12	145	Red circle with X
196	19,55	45.160,00	80	12	140	Red circle with X
207	3,13	27.900,00	42	2	52	Red circle with X
208	18,68	34.090,00	67	11	122	Red circle with X
221	19,78	32.434,00	68	12	128	Red circle with X
222	19,78	32.434,00	68	12	128	Red circle with X

Figura 8.3: Rotas obtidas na simulação referente à implementação de validação para evitar grandes deslocções

Na referida figura, constata-se a existência de algumas rotas com apenas 2 ecopontos, representando a situação atrás descrita.

Naturalmente, o nível total de enchimento destas rotas é muito baixo. Neste sentido o planeador poderá não aprovar a sua realização, deixando a recolha dos resíduos destes ecopontos para o futuro. Desta forma consegue-se um ganho de eficiência pois certamente nos

dias seguintes existirão outros ecopontos, na mesma zona geográfica, com um nível de enchimento relevante para serem incluídos em rotas de recolha.

Na pior das hipóteses pode acontecer que mesmo adiando a recolha dos resíduos de um ecoponto isolado, este continue isolado nos dias seguintes. Chegará um ponto em que o nível de enchimento deste ecoponto ultrapassa o parâmetro que indica que os respetivos resíduos deverão ser recolhidos independentemente do facto de este equipamento se encontrar isolado. Mesmo esta situação garante um ganho de eficiência, pois esta maior deslocação acontece apenas quando o limite da capacidade do ecoponto é atingido.

No subcapítulo seguinte, analisam-se os ganhos obtidos pela ativação desta validação através da realização de simulações de dados.

### **8.2.1 Simulações para análise da mais-valia da validação**

Considera-se essencial analisar os ganhos de eficiência obtidos com a ativação da validação que evita deslocações acima de uma determinada distância. Para esse efeito efetuam-se simulações tendo como base os dados relativos ao período de março de 2010.

Como foi anteriormente referido, este mês foi selecionado para se evitar a escolha de um período referente a um dos extremos do intervalo de tempo sobre o qual os dados obtidos foram recolhidos. Lembra-se que os dados em estudo referem-se apenas ao ano de 2010.

Evitou-se também escolher um período que se encontrasse a meio do ano para evitar alguma sazonalidade associada aos meses de verão.

Por estas razões o mês de março foi considerado um período adequado para ser utilizado nas simulações.

Efetuada as simulações, os respetivos resultados são sintetizados e organizados em tabelas. Na tabela 8.2 apresentam-se os dados obtidos através de uma simulação onde se ativou esta validação. Na tabela 8.3 apresenta-se a informação de uma outra simulação onde a referida validação não foi ativada.

Os dados de ambas as tabelas foram normalizados com base na quantidade real recolhida no período em análise. Os dados reais encontram-se apresentados na figura 8.4 (já anteriormente apresentados na figura 8.1).

Como era esperado, através da análise destas 3 tabelas constata-se claramente que a simulação onde a validação foi ativada apresenta uma melhoria considerável dos dados nas várias rúbricas apresentadas. Verifica-se ainda que a simulação sem a validação ativa acaba por apresentar uma pior prestação quando comparada com os dados reais, revelando a importância da utilização desta validação.

Dados simulados normalizados <b>com</b> validação – Nível de enchimento 50%	Qt. Recolhida (m3)	Distância (kms)	Duração (horas)	Nº Ecop	Nº Turnos	Litros
Embalagem	5.789	10.983	702	4.058	88	7.644
Papel	5.658	11.571	692	3.889	87	8.054
Vidro	160	421	21	100	3	293
Total	11.607	22.976	1.416	8.047	177	15.992

Tabela 8.2: Dados simulados e normalizados com validação para evitar grandes deslocações (nível de enchimento mínimo de 50%)

Dados simulados normalizados <b>sem</b> validação – Nível de enchimento 50%	Qt. Recolhida (m3)	Distância (kms)	Duração (horas)	Nº Ecop	Nº Turnos	Litros
Embalagem	5.766	12.706	754	4.162	94	8.843
Papel	5.666	14.409	783	4.139	98	10.029
Vidro	176	1.383	48	147	6	962
Total	11.607	28.498	1.585	8.448	198	19.835

Tabela 8.3: Dados simulados e normalizados sem validação para evitar grandes deslocações (nível de enchimento mínimo de 50%)

Dados Reais	Qt. Recolhida (m3)	Distância (metros)	Distância (kms)	Duração (horas)	Nº Ecop	Nº Turnos	Litros
Embalagem	5.851	12.035.271	12.035	755	4.474	94	8.377
Papel	5.249	12.103.627	12.104	730	4.299	91	8.424
Vidro	507	1.726.793	1.727	99	566	12	1.202
Total	11.607	25.865.691	25.866	1.584	9.339	198	18.003

Tabela 8.4: Dados reais obtidos para a prova de valor

Para uma mais fácil comparação dos resultados, opta-se por valorizar as diversas rúbricas com base em custos. Assim, na tabela 8.5 indicam-se os parâmetros utilizados para se determinar os respetivos custos.

(*) Média de consumo aos 100 kms (em litros)	69,6
(**) Preço por litro de gasóleo (euros)	1,494
(***) Preço da mão-de-obra por hora (euros)	21,02
(***) Custo de manutenção por km (euros)	0,26

Tabela 8.5: Parâmetros para cálculo de custos na análise da validação para evitar grandes deslocações

(\*) Esta informação foi disponibilizada pela empresa Amarsul. Refere-se ainda o facto de que este valor deveria ser calculado com base nas horas de funcionamento das viaturas e não com base nos quilómetros efetuados. Isto porque as viaturas acabam por estar muito tempo imobilizadas mas em funcionamento a recolher os resíduos dos ecopontos. Infelizmente esta informação não se encontra disponível.

(\*\*) O preço aqui apresentado data de julho de 2012. Optou-se por apresentar o valor atualizado à data em que este estudo foi elaborado para que os resultados apresentados reflitam o mais possível o cenário atual.

(\*\*\*) Dados fornecidos pela empresa Amarsul.

Efetuem-se então alguns cálculos para se obter os custos de cada simulação com base nas seguintes rúbricas:

- Quantidade de litros de combustível consumida de acordo com a distância percorrida:
  - Litros combustível consumidos = distância percorrida (kms) \* média de consumo aos 100 kms / 100
- Custos totais associados aos combustíveis consumidos:
  - Custos dos combustíveis consumidos = litros combustível consumidos \* preço por litro de gasóleo
- Custo associado com a mão-de-obra despendida:
  - Custo da mão-de-obra = duração (horas) \* preço da mão-de-obra por hora



- Custo da manutenção associado à distância percorrida:
  - $\text{Custo da manutenção} = \text{distância percorrida (kms)} * \text{custo de manutenção por km}$
- Custo total da simulação para o período selecionado:
  - $\text{Custo total} = \text{custo dos combustíveis consumidos} + \text{custo da mão-de-obra} + \text{custo da manutenção}$

Os resultados ao nível dos custos totais relativos às simulações (com e sem a validação ativa) e dos dados reais encontram-se apresentados na tabela 8.6.

Com base nestes valores verifica-se claramente a mais-valia da simulação com a ativação da validação, visto que se obtém uma redução a nível dos custos estimados.

Conclusões (euros):	Custo combustível	Peso do custo comb. sobre custo total	Custo de manutenção	Peso do custo manut. sobre custo total	custo mão de obra	Peso do custo mão de obra sobre custo total	Custo total	Custo por m3
Dados reais	26.896	40%	6.725	10%	33.299	50%	66.920	5,77
Dados simulados 50% (normalizados)	23.891	40%	5.974	10%	29.762	50%	59.627	5,14
Dados simulados 50% (normalizados) sem validação	29.633	42%	7.409	11%	33.315	47%	70.357	6,06

Tabela 8.6: Custos totais obtidos na análise da validação para evitar grandes deslocações

Para uma análise mais simplificada, apresentam-se na tabela 8.7 os resultados associados às diferenças entre os valores obtidos nas simulações e os valores reais.

	Absoluto	Percentual
Poupança mensal de custos com validação – Nível de enchimento 50%	7.292	11%
Poupança mensal de custos sem validação – Nível de enchimento 50%	-3.438	-5%

Tabela 8.7: Resultados obtidos na análise da validação para evitar grandes deslocações

Os valores comparativos naturalmente refletem e enfatizam os resultados já anteriormente referidos. A validação permite uma redução dos custos ao nível de 11% do custo total correspondente aos valores reais.

Assim sendo, confirmou-se a mais-valia da utilização da validação que evita deslocações a ecopontos isolados, ficando desta forma naturalmente ativa no processo da gestão das rotas.

### 8.3 Obtenção dos dados de simulações

Estando os dados reais organizados, tendo também sido adicionado a referida validação que evita grandes deslocações, parte-se agora para simulação de geração de rotas utilizando a aplicação desenvolvida.

Foram utilizados os seguintes parâmetros para este efeito:

- Nível de enchimento limite para recolha de cada ecoponto: 50% e 75%
- Capacidade das viaturas: 20 m<sup>3</sup>
- Número de horas de trabalho por turno: 8 horas
- Limite mínimo da carga recolhida para aprovar/realizar uma rota: 15 m<sup>3</sup>
- Distância máxima permitida entre ecopontos: 5.000 metros
- Nível de enchimento a partir do qual a validação referente ao limite da distância entre ecopontos deixa de estar ativa: 90%

Para facilitar esta simulação foram desenvolvidas duas funcionalidades que permitem executar a aprovação e realização das rotas geradas de forma automática pela aplicação, evitando que estes procedimentos sejam efetuados manualmente para cada dia e para cada fileira. Estas funcionalidades encontram-se identificadas na figura 8.3.

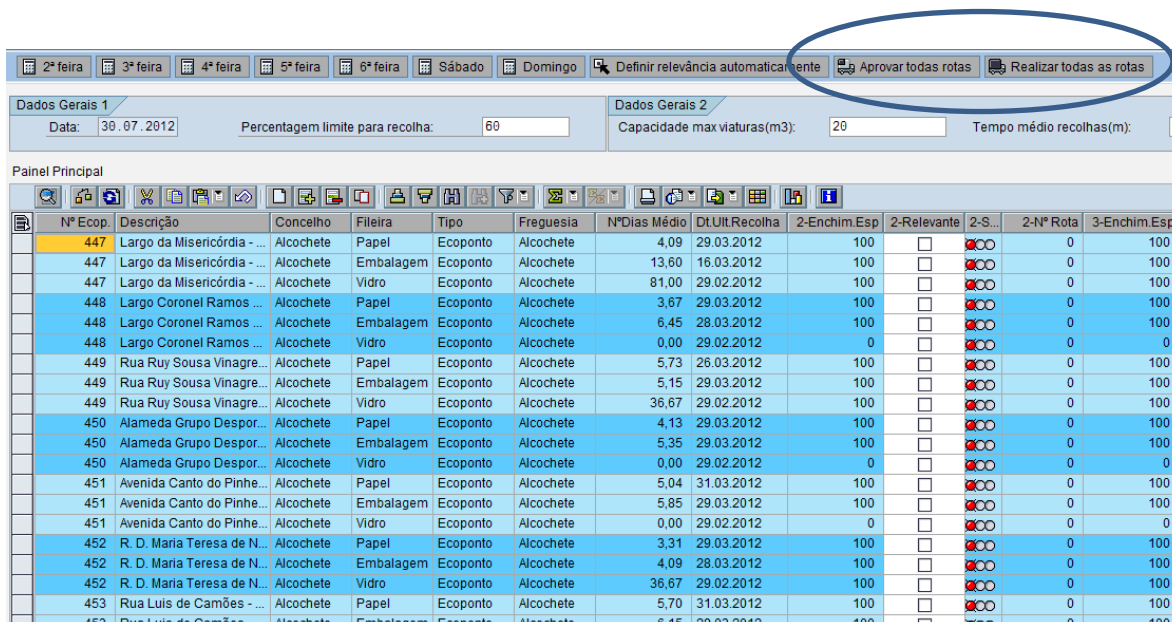


Figura 8.3: Funcionalidades relativas indicação de forma automática de aprovações e realizações de rotas no painel de gestão das rotas

## 8.4 Comparação dos dados obtidos

A comparação dos dados obtidos nas diversas simulações é efetuada com base em valores de custos (em euros). Para esse efeito utilizaram-se os seguintes dados apresentados na tabela 8.8, já anteriormente disponibilizada através da tabela 8.5.

(*) Média de consumo aos 100 kms (em litros)	69,6
(**) Preço por litro de gasóleo (euros)	1,494
(***) Preço da mão-de-obra por hora (euros)	21,02
(***) Custo de manutenção por km (euros)	0,26

Tabela 8.8: Tabela de custos base para análise de dados

De acordo com os dados reais, verifica-se que o nível de enchimento médio dos ecopontos incluídos em rotas efetivas é de 53%.

Tendo como base este valor, opta-se por se realizar duas simulações utilizando valores distintos no parâmetro correspondente ao nível de enchimento mínimo. Assim, numa primeira simulação atribui-se a este parâmetro o valor de 50% e numa segunda simulação o valor de 75%.

Na tabela 8.9 apresentam-se novamente os dados reais, já disponibilizados anteriormente na tabela 8.4.

Dados Reais	Qt. Recolhida (m3)	Distância (metros)	Distância (kms)	Duração (horas)	Nº Ecop	Nº Turnos	Litros
Embalagem	5.851	12.035.271	12.035	755	4.474	94	8.377
Papel	5.249	12.103.627	12.104	730	4.299	91	8.424
Vidro	507	1.726.793	1.727	99	566	12	1.202
Total	11.607	25.865.691	25.866	1.584	9.339	198	18.003

Tabela 8.9: Dados reais obtidos para a prova de valor

Seguindo a mesma estrutura da tabela referente aos dados reais, apresenta-se na tabela 8.10 os valores obtidos através da simulação com nível de enchimento mínimo de 50%.

Dados Simulados 50%	Qt. Recolhida (m3)	Distância (metros)	Distância (kms)	Duração (horas)	Nº Ecop	Nº Turnos	Litros
Embalagem	5.050	9.581.683	9.582	613	3.540	77	6.669
Papel	4.936	10.094.665	10.095	604	3.393	75	7.026
Vidro	140	367.635	368	19	87	2	256
Total	10.126	20.043.983	20.044	1.235	7.020	154	13.951

Tabela 8.10: Dados obtidos na simulação com nível de enchimento mínimo de 50% para a prova de valor

Efetua-se um tratamento dos dados, normalizando-os de acordo com a quantidade total (em m<sup>3</sup>) correspondente aos dados reais, obtendo-se os dados apresentados na tabela 8.11.

Dados simulados normalizados 50%	Qt. Recolhida (m3)	Distância (metros)	Distância (kms)	Duração (horas)	Nº Ecop	Nº Turnos	Litros
Embalagem	5.789	10.983.451	10.983	702	4.058	88	7.644
Papel	5.658	11.571.481	11.571	692	3.889	87	8.054
Vidro	160	421.419	421	21	100	3	293
Total	11.607	22.976.351	22.976	1.416	8.047	177	15.992

Tabela 8.11: Dados obtidos e normalizados na simulação com nível de enchimento mínimo de 50% para a prova de valor

Analogamente, na tabela 8.12 indicam-se os valores obtidos através da simulação com nível de enchimento mínimo de 75%.

Dados Simulados 75%	Qt. Recolhida (m3)	Distância (metros)	Distância (kms)	Duração (horas)	Nº Ecop	Nº Turnos	Litros
Embalagem	6.097	10.989.241	10.989	594	3.009	74	7.649
Papel	5.887	11.741.372	11.741	603	2.926	75	8.172
Vidro	160	378.450	378	18	80	2	263
Total	12.144	23.109.063	23.109	1.215	6.015	152	16.084

Tabela 8.12: Dados obtidos na simulação com nível de enchimento mínimo de 75% para a prova de valor

Estes dados são normalizados de acordo com a quantidade total (em m<sup>3</sup>) correspondente aos dados reais, obtendo-se a informação apresentada na tabela 8.13.

Dados simulados normalizados 75%	Qt. Recolhida (m3)	Distância (metros)	Distância (kms)	Duração (horas)	Nº Ecop	Nº Turnos	Litros
Embalagem	5.828	10.503.666	10.504	568	2.876	71	7.311
Papel	5.627	11.222.563	11.223	577	2.797	72	7.811
Vidro	153	361.728	362	18	76	2	252
Total	11.607	22.087.956	22.088	1.162	5.749	145	15.373

Tabela 8.13: Dados obtidos e normalizados na simulação com nível de enchimento mínimo de 75% para a prova de valor

Na tabela 8.14 apresentam-se os resultados, baseados em custos, dos três modelos em estudo (modelo real, modelo simulado com percentagem mínima de recolha de 50% e modelo simulado com percentagem mínima de recolha 75%).

Os cálculos associados aos custos para as várias rubricas aqui apresentadas encontram-se descritos em detalhe no subcapítulo referente à análise da implementação da validação que evita deslocações a ecopontos isolados.

Conclusões (euros):	Custo combustível	Peso do custo comb. sobre custo total	Custo de manutenção	Peso do custo manut. sobre custo total	custo mão de obra	Peso do custo mão de obra sobre custo total	Custo total	Custo por m3
Dados reais	26.896	40%	6.725	10%	33.299	50%	66.920	5,77
Dados simulados 50% (normalizados)	23.891	40%	5.974	10%	29.762	50%	59.627	5,14
Dados simulados 75% (normalizados)	22.968	43%	5.743	11%	24.421	46%	53.131	4,58

Tabela 8.14: Comparação dos resultados obtidos na prova de valor

A síntese a nível da comparação de custos é apresentada na tabela 8.15.

	Absoluto (euros)	Percentual
Poupança mensal de custos – Nível de enchimento 50%	7.292	11%
Poupança anual – Nível de enchimento 50%	87.509	
Poupança mensal de custos – Nível de enchimento 75%	13.788	21%
Poupança anual – Nível de enchimento 75%	165.462	

Tabela 8.15: Comparação das poupanças obtidas na prova de valor

Com base nos dados obtidos verifica-se uma evolução positiva relativamente à simulação com um nível de enchimento mínimo para recolha de 50% comparativamente com dos dados reais existentes. Obtém-se aqui uma poupança de cerca de 11% sobre o custo total real observado, comprovando por isso a mais-valia desta solução.

Por outro lado, de acordo com o esperado, comprova-se que o incremento do nível de enchimento mínimo para recolha para 75%, permite uma maior poupança sendo esta de 21% do montante total de custos reais. De facto este resultado era esperado, pois o aumento deste parâmetro passa a exigir ao modelo que em cada recolha efetuada a quantidade de m<sup>3</sup> obtidos seja superior.

Uma outra informação relevante centra-se ao nível da distribuição dos pesos das várias rubricas tendo em conta o custo total obtido. Constata-se que esta distribuição não sofre grandes alterações nos três cenários apresentados. O custo da mão-de-obra tem claramente o maior peso, seguido do custo dos combustíveis. O custo associado à manutenção acaba por ter um peso mais reduzido.

Identifica-se também que ao considerar-se como 75% o nível mínimo para a recolha dos resíduos, o peso da mão-de-obra é reduzido em contrapartida do peso dos combustíveis que aumenta. Esta situação poderá ser explicada pelo facto de ao exigir-se um nível de enchimento mais elevado, acaba-se por visitar menos ecopontos. Assim, tendo menos ecopontos no processo a duração total da rota é necessariamente menor (tendo em conta a duração específica para recolha dos resíduos em cada ecoponto), sendo que a distância percorrida poderá não decrescer na mesma medida.

É de salientar que a base de todo este processo de gestão das rotas de recolha, assenta na previsão do nível de enchimento dos ecopontos. Volta-se a referir que este modelo poderá de facto ser melhorado e ajustado ao longo do tempo.

Simultaneamente, o próprio algoritmo inserido no painel da gestão das rotas poderá também ser ajustado à medida que as várias empresas vão aderindo ao sistema, uma vez que naturalmente novos requisitos e propostas de melhoria serão certamente apresentadas.



## 9 Análise da aderência à realidade

No capítulo anterior efetuou-se a denominada prova de conceito que permitiu comparar os dados reais observados com os dados obtidos a partir de simulações.

Nesta fase do trabalho pretende-se atingir um outro objetivo que consiste numa reflexão sobre a forma como o modelo desenvolvido se adere à realidade. Numa primeira fase analisam-se os efeitos dos custos sociais e a forma como estes podem ser abordados. Por último detalha-se a forma como se poderá avaliar a estimativa efetuada relativamente ao nível de enchimento de cada ecoponto.

### 9.1 *Medidas para aferir a aderência do modelo à realidade*

O objetivo principal ao longo do trabalho consistiu na obtenção de um modelo que reduzisse os custos totais do processo (custos diretos) de recolha dos resíduos.

Como foi analisado anteriormente, os custos diretos assentam essencialmente ao nível dos combustíveis, mão-de-obra e manutenção. Esta abordagem apresenta-se como a mais natural, pois estes custos são suportados diretamente pela empresa e portanto influenciam de forma imediata as necessárias tomadas de decisão.

Todavia existe um outro tipo de custos que não foi até aqui explicitamente considerado e que consiste nos custos sociais associados ao processo de recolha de resíduos. Este tipo de custos não é diretamente suportado pela empresa, é antes direcionado a terceiros, neste caso à população residente na área de ação da empresa. [WAL005]

Este facto não implica que este tipo de custos deva ser ignorado. Pelo contrário, uma análise cuidada poderá permitir efetuar-se ajustamentos ao modelo por forma a minimizar também os custos sociais. O facto de se minimizar também este fator, além de obviamente beneficiar a população, poderá melhorar a imagem da empresa.

Estes custos sociais poderão estar dependentes, por exemplo, do facto de o modelo utilizado provocar hipoteticamente uma grande quantidade de ecopontos em que a sua capacidade se encontra esgotada e portanto irá permitir a existência de resíduos por fora dos ecopontos. Este aspeto provoca necessariamente uma imagem negativa da empresa por parte da população resultando nos já referidos custos sociais.

Por outro lado, para evitar esta situação poderá ser definido um modelo mais conservador que evite o esgotamento da capacidade dos ecopontos, necessariamente implicará que existam mais rotas e portanto mais viaturas no terreno. Assim ter-se-á necessariamente o aumento dos custos diretos mas também o aumento do custo social associado ao facto de se assistir a um

aumento da poluição quer ambiental quer sonora. Portanto, também aqui ter-se-á um aumento dos custos sociais.

Talvez através de inquéritos junto da população se consiga mensurar os custos sociais. No entanto, é intuitivo que estes valores estejam dependentes da percentagem de enchimento a partir da qual se visitam os ecopontos.

A figura 9.1 poderá refletir o comportamento dos custos sociais, onde no eixo das abcissas se indica a percentagem correspondente ao nível de enchimento mínimo a partir do qual se recolhem os resíduos de cada ecoponto, e no eixo das ordenadas o respetivo custo social numa escala entre 0 e 1. A representação desta função trata-se de uma apresentação apenas teórica com vista a permitir uma abordagem geral sobre esta temática. O mínimo relativo apresenta-se na figura exatamente quando o valor do eixo das abcissas é de 50%, não sendo necessariamente assim. A análise desta função implica certamente um estudo mais profundo ao nível da dimensão económica na esfera dos custos sociais.

Na análise ao gráfico verifica-se que quando o parâmetro referente ao nível mínimo para efetuar recolhas é de 0% implica necessariamente que todo o ecoponto será visitado diariamente. Por outro lado, quando se atribui a esse parâmetro uma percentagem de 100%, indica-se que apenas serão recolhidos os ecopontos efetivamente com a sua capacidade esgotada ou ultrapassada. Em cada um dos casos teremos obviamente um elevado grau de custos sociais. Estes custos vão diminuindo à medida que o valor definido no parâmetro referido se afasta das percentagens limite, até que se encontra um ponto onde se obtém um valor mínimo.

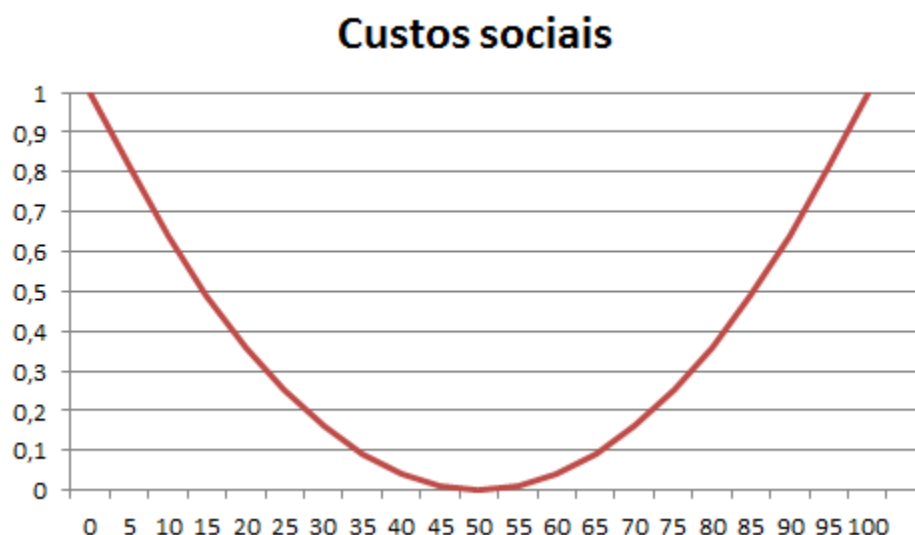


Figura 9.1: Gráfico explicativo dos custos sociais

A função associada aos custos diretos poderá ser aproximadamente uma reta que vai decrescendo à medida que o nível de enchimento mínimo para a recolha aumenta (implicando a existência de menos rotas e portanto de menos custos diretos). A figura 9.2 agrega estas duas funções.

Tal como no caso anterior, também a representação da função associada aos custos reais consiste numa abordagem teórica apenas para permitir uma análise geral ao nível dos custos associados ao tema em estudo.



Figura 9.2: Gráfico explicativo dos custos sociais e diretos

De seguida, apresenta-se o gráfico correspondente à figura 9.3 onde é apresentada uma função que resulta da soma dos custos diretos e sociais. Esta função foi normalizada para o intervalo  $[0, 1]$  a nível do eixo das ordenadas.



Figura 9.3: Gráfico explicativo dos custos sociais e diretos acumulados

Naturalmente constata-se que o modelo assenta particularmente na percentagem de enchimento a partir do qual se efetuam as recolhas dos resíduos. Adicionalmente não se pode ignorar o facto de o nível de enchimento dos vários ecopontos no momento da definição das rotas consiste apenas numa estimativa e portanto haverá a respetiva margem de erro.

A figura 9.4 apresenta a função acumulada com os custos diretos e sociais com a indicação do intervalo de confiança referente às estimativas de previsão do nível de enchimento dos ecopontos.

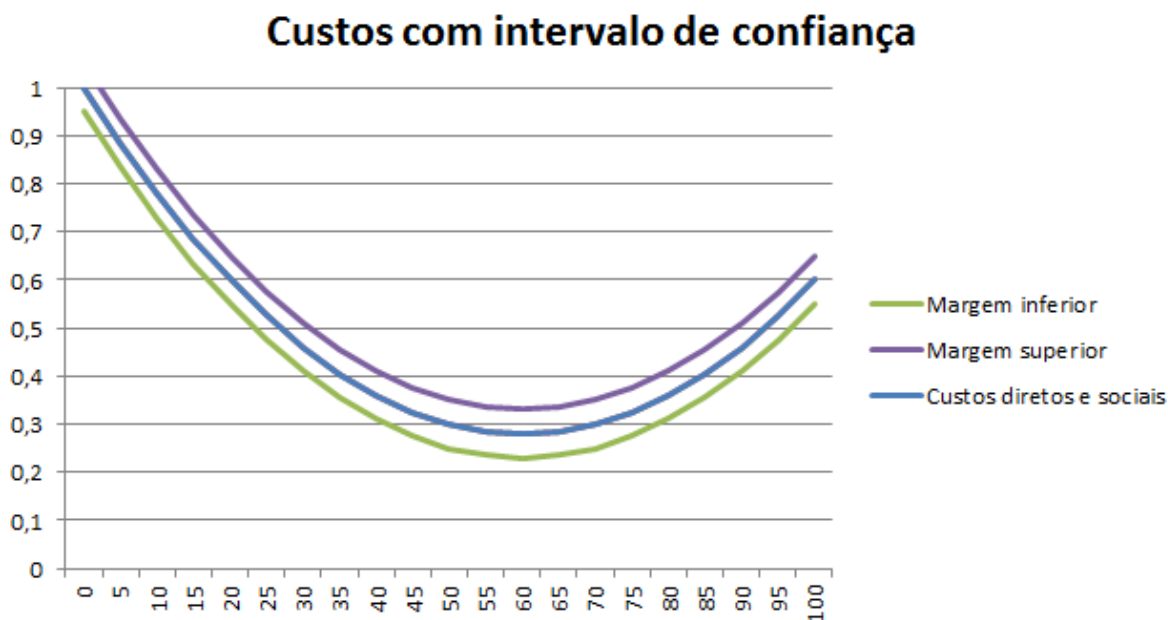


Figura 9.4: Gráfico explicativo dos custos sociais e acumulados com indicação do intervalo de confiança

Tendo em conta o intervalo de confiança apresentado na figura 9.4, poder-se-á analisar qual o valor a considerar referente à percentagem do nível de enchimento a partir do qual se irá efetuar a recolha dos resíduos de cada ecoponto.

No capítulo seguinte analisa-se a forma como se poderá avaliar a estimativa do nível de enchimento dos ecopontos e definir o respetivo intervalo de confiança.

## ***9.2 Aderência à realidade da estimativa do nível enchimento dos ecopontos***

O modelo que permitiu efetuar estimativas dos níveis de enchimento dos ecopontos, como já foi referido, foi abordado de uma forma simples. Certamente este modelo poderá ser detalhado e desenvolvido no futuro de acordo com a obtenção de novos dados ao nível da recolha dos resíduos.

Uma forma de avaliar o modelo de estimação desenvolvido consiste em recolher os novos dados reais das recolhas de anos posteriores ao modelo desenvolvido (2011 e 2012) e confrontar esses dados com os valores estimados.

Este método levanta imediatamente um problema que assenta no facto de que as recolhas reais efetuadas não serão certamente as recolhas propostas pela aplicação desenvolvida, dificultando esta análise. Sendo que pelo facto de as estimativas referentes aos níveis de enchimento serem obtidas com base nas rotas geradas pela aplicação, torna complexa a comparação entre os dados observados e os dados simulados.

Surge então a alternativa de efetuar esta avaliação através de uma experiência piloto. Desta forma durante um determinado período de tempo utilizar-se-ia no terreno o resultado produzido pela aplicação.

Desta forma, seria possível comparar os dados observados dos níveis de enchimento e comparar com a respetiva estimativa gerada pela aplicação. A partir daqui analisar-se-ia o custo de oportunidade associado ao facto de se ter observado um nível de enchimento superior ou inferior à a respetiva estimativa.

No caso de o nível de enchimento real se encontrar abaixo do valor real observado, este custo de oportunidade deverá refletir o custo associado ao facto de se ter recolhido uma menor quantidade de resíduos e assim ter sido efetuada uma recolha desnecessária, podendo esta ter sido adiada para rotas a efetuar nos dias seguintes.

Se por outro lado o nível de enchimento real se encontrar acima do valor real observado, constata-se que se evitou uma visita desnecessária mas possivelmente poderá suscitar alguma insatisfação da população pelo facto de o ecoponto ter ficado esgotado durante algum tempo.

Como foi referido, será necessário encontrar uma forma de efetuar a medição dos custos sociais para que seja possível obter os custos de oportunidade e assim avaliar a estimativa efetuada no modelo. Este procedimento não se encontra no âmbito deste projeto, não se quis no entanto deixar de se abordar este tema para uma eventual análise enquadrada no âmbito de num novo projeto.

## 10 Oportunidades de Melhoria e ações futuras

Ao longo do desenvolvimento deste projeto identificaram-se algumas melhorias, que por não se encontrarem dentro do âmbito pré-definido do projeto, não foram implementadas.

Neste capítulo apresentam-se as várias oportunidades de melhoria identificadas e também ações futuras a desenvolver após a conclusão deste trabalho.

Oportunidades de melhoria e ações futuras a desenvolver:

- Implementar um sistema de mobilidade integrado com o SAP a disponibilizar às equipas que estão no terreno para o registo de informações de recolha automáticas (com base nos dados de georreferenciação) e manuais (registo dos níveis de enchimento dos ecopontos).

Este sistema também poderá funcionar no sentido inverso, ou seja, permitir que a equipa que está no terreno indique, por exemplo, que não foi possível aceder a um determinado ecoponto ou que o veículo recolheu mais/menos resíduos do que o estimado e receber desta forma uma resposta da aplicação (com ou sem intervenção do planeador) com um ajustamento a efetuar na rota.

Pretende-se com a implementação da mobilidade agilizar e facilitar a interação entre os diversos intervenientes e o sistema, permitindo uma melhor aceitação da plataforma e simultaneamente um ganho de eficiência em todo o processo.

- O modelo de estimação adotado respeitante à velocidade de enchimento dos ecopontos poderá ser melhorado à medida que novos dados de recolhas dos resíduos vão sendo registados no sistema.

Todavia existem já soluções que, de forma automática, analisam o nível de enchimento de cada ecoponto e comunicam essas leituras via GPRS para bases de dados centrais. Esta solução poderá ser viável para as fileiras Vidro e Embalagens, mas poderá não ser facilmente aplicável à fileira Papel, pois por vezes a distribuição dos resíduos desta fileira pode ocupar o ecoponto de uma forma pouco otimizada. Este tipo de soluções poderá ser analisado em detalhe no futuro.

Como foi sendo referido ao longo do trabalho, esta rubrica representa uma peça essencial de todo o processo. Assim, uma melhoria contínua na forma como se obtém o nível de enchimento dos ecopontos revela-se uma grande mais-valia.

- O projeto desenvolveu essencialmente informação a nível de disponibilização de um painel demonstrativo para a gestão das rotas. Este sistema poderá ser melhorado através da contribuição das várias empresas, da área dos resíduos, interessadas na utilização desta ferramenta. Adicionalmente terão certamente de ser desenvolvidos relatórios de análise, área que não foi detalhada no projeto.

O trabalho desenvolvido apenas teve o contributo da empresa Amarsul na fase inicial, sendo que o envolvimento de vários intervenientes tornará certamente esta plataforma mais de acordo com a realidade de cada uma das empresas. Este é portanto um objetivo muito relevante a atingir no futuro próximo.

- Análise ao nível dos custos sociais associados ao processo de recolha.  
Com esta melhoria será possível estudar a forma como se poderá incluir este novo fator no modelo, permitindo analisar os custos de oportunidade existentes em todo este processo.



## 11 Conclusões

Foram diferentes as propostas a adotar para o trabalho de projeto no âmbito do grupo AdP. Todavia o tema da otimização das rotas de recolha dos ecopontos, nas empresas da área de negócio de resíduos, revelou-se imediatamente uma boa opção, tendo em conta a subida dos preços dos combustíveis, sendo que esta rubrica representa uma grande fatia dos custos destas empresas. Adicionalmente, a presente situação económica em que nos encontramos também constitui mais um argumento à realização deste projeto.

Dentro deste cenário, a decisão da definição dos pré-requisitos do projeto que indicavam que qualquer solução a adotar não poderia obrigar a qualquer investimento por parte das empresas do grupo, por um lado não se tornou num entrave ao desenvolvimento do projeto e por outro tornará certamente o resultado mais atrativo e mais facilmente aplicável.

Adicionalmente, também a nível dos sistemas informáticos, acaba-se por otimizar os sistemas já existentes. Por um lado amortiza-se o investimento já efetuado nestes sistemas e por outro transmite-se a ideia do potencial existente ao nível nas plataformas informáticas do grupo AdP.

O primeiro grande desafio centrou-se em encontrar uma empresa do grupo que pudesse disponibilizar informação de qualidade para servir de base ao desenvolvimento da aplicação. Foram abordadas várias empresas para este efeito, sendo que a empresa Amarsul, por já ter algum trabalho feito nesta área, permitiu a disponibilização da informação pretendida (capítulo 3).

Paralelamente ao desenvolvimento do projeto, tentou-se junto das várias empresas obter informação de qual o método e ferramentas utilizadas neste tipo de problemáticas. Desta forma poder-se-ia analisar o que já existe neste âmbito permitindo assim otimizar o desenvolvimento a efetuar. No entanto não houve sucesso, não se conseguiu de facto obter este tipo de informação. Assim, optou-se por um desenvolvimento de raiz com os dados disponibilizados pela empresa Amarsul.

Após análise aos dados obtidos, imediatamente verificou-se que o nível do enchimento dos ecopontos tratava-se de um processo estocástico. Para este efeito adotou-se uma abordagem simples e direta para se obter uma estimativa do nível de enchimento dos ecopontos em cada momento. Deixou-se no entanto esta questão em aberto para ser detalhada no futuro quando existirem mais informações sobre as recolhas dos ecopontos (capítulo 4).

Por outro lado, como já foi referido, existem alternativas ao tratamento estocástico da informação, através de tecnologias que permitem ler e comunicar os níveis de enchimento dos ecopontos em determinado momento. Este tipo de solução poderá em certos casos ser mais fidedigna mas por outro lado será certamente mais dispendiosa.

O passo seguinte consistiu na identificação de um algoritmo que solucionasse o problema da otimização das rotas. Foi nesta fase que se analisou e se decidiu sobre qual a responsabilidade

do problema que teria de ser resolvido pelo próprio algoritmo e qual ficaria diretamente a cargo do planeador. Estando feita esta definição decidiu-se pela implementação do algoritmo “*Clarke and Wright*” muito utilizado neste tipo de problemas (capítulo 5).

Seguiu-se a fase relativa à obtenção da informação essencial para que a otimização fosse realizada sobre um cenário real, permitindo que as empresas se revejam na aplicação, tornando-a mais atrativa e prática.

Assim, foi desenvolvido um programa que acede à aplicação da internet *Google.Maps* para obter a informação relativa à distância e à duração das deslocações entre ecopontos.

Esta fase revelou-se demorada, não propriamente a nível do desenvolvimento do programa para a recolha da informação, mas ao nível do tempo necessário para se aceder à página do *Google.Maps* para cada par de ecopontos presentes no modelo. Com o objetivo de se poupar algum tempo, foi necessário executar este programa com vários processos a correr em paralelo sempre que possível (capítulo 6.1).

A implementação do algoritmo de otimização revelou-se a fase do projeto mais complexa e consumidora de tempo, o que já era expectável visto que este desenvolvimento foi efetuado de raiz, desde a criação das tabelas necessárias na base de dados passando pelo desenvolvimento propriamente dito.

Uma dificuldade adicional, não tanto tecnicamente mas funcionalmente, consistiu na definição de como se deveria apresentar o painel de gestão das rotas. Optou-se então pela utilização da estrutura correspondente ao ficheiro EXCEL utilizado na gestão das rotas pela empresa Amarsul, tendo sido efetuadas algumas alterações consideradas relevantes (capítulos 6.2 e 6.3).

Ainda no âmbito da implementação do sistema, apresentou-se a respetiva arquitetura no sentido de se obter uma visão geral da aplicação (capítulo 6.4). Tendo em conta que as várias componentes desta plataforma interagem entre si, o desenvolvimento efetuado teve sempre por base uma modularização das várias áreas. Desta forma garante-se que melhorias a efetuar num determinado módulo não obrigam à reformulação de outras áreas adjacentes.

Após a implementação da aplicação e tendo sido efetuados os testes necessários para se garantir a operacionalidade do sistema, avançou-se para a execução de simulações. Esta fase foi de facto a mais gratificante uma vez que permitiu colher os primeiros frutos do trabalho desenvolvido. Foram definidos diversos cenários na aplicação e analisaram-se os resultados obtidos. Pode-se concluir que a aplicação respondeu de forma positiva a estes desafios (capítulo 7).

Por fim procedeu-se a um estudo relativo à prova de valor da solução adotada. Esta fase consistiu na comparação dos dados reais com os dados produzidos pela aplicação durante o período de um mês.

Identificou-se que de facto os resultados não eram os melhores, pois apresentavam uma pior prestação comparando com os resultados reais provenientes das rotas fixas adotadas pela empresa Amarsul. Esta situação deveu-se ao facto de as rotas geradas pela aplicação por

vezes incluíam ecopontos com um nível de enchimento baixo (cerca de 50%-60%) mas que se encontravam longe do núcleo de ecopontos a recolher.

Implementou-se por isso uma validação adicional que apenas considera este tipo de ecopontos quando o seu nível de enchimento é mais elevado ou quando surgem outros ecopontos na sua vizinhança com níveis de enchimento que permitam gerar uma rota com uma estimativa de recolha considerada razoável.

A prova de valor já com esta validação ativa apresentou conclusões interessantes, confirmando que esta solução poderá permitir poupanças de custos consideráveis para além de disponibilizar uma aplicação amigável ao utilizador com interação gráfica a mapas (*Google.Maps*) sem custos adicionais no âmbito dos sistemas informáticos utilizados.

Os valores obtidos estimam poupanças ao nível de 11% do custo total real para uma simulação com recolhas de ecopontos com níveis de enchimento acima de 50% e de 21% se esse nível estiver acima dos 75%. (capítulo 8).

Considerou-se ainda relevante acrescentar um curto capítulo referente à análise de como todo o modelo se adere à realidade. Nesta fase, estudou-se a questão da existência de custos sociais em todo o processo bem como a forma como se poderá avaliar a estimativa efetuada relativa aos níveis de enchimento de cada ecoponto (capítulo 9).

Ao longo de todo o trabalho foram sendo identificadas algumas oportunidades de melhoria que não se enquadravam no âmbito definido. Esta informação foi sendo compilada tendo sido apresentada no final deste documento com o objetivo de ser revisitada no âmbito de um novo projeto (capítulo 10).

Face ao exposto, conclui-se que a solução apresentada não implica quaisquer encargos para a empresa, prevendo-se se ainda que possibilite reduções de custos ao nível do processo da recolha seletiva dos resíduos. Assim, existem condições para que o protótipo desenvolvido seja utilizado como base para uma possível implementação mais abrangente no âmbito do grupo AdP.

Adicionalmente, o facto de se ter utilizado o ERP em vigor no grupo para a implementação de uma solução de gestão de rotas, pela natureza deste tipo de sistemas, conseguir-se-á seguramente integrar esta informação com os dados de outras áreas. Por exemplo, a ligação entre os processos associados com a manutenção, contabilidade analítica, contabilidade dos imobilizados e o processo de recolha seletiva.

Em resumo, pode-se referir que o resultado final deste trabalho consiste na disponibilização de um modelo e de uma plataforma informática que poderão servir de ponto de partida para uma análise mais abrangente ao nível de soluções que contribuam para a gestão deste tipo de processos.

## 12 Referências bibliográficas

- [WAMS12] [www.amarsul.pt](http://www.amarsul.pt) em Março/2012.
- [WADP12] [www.adp.pt](http://www.adp.pt) em Março/2012.
- [WMAP12] [http://mapki.com/wiki/Google\\_Map\\_Parameters](http://mapki.com/wiki/Google_Map_Parameters) em Março/2012.
- [WHSAP12] <http://help.sap.com/> em Março/2012.
- [WSDN12] <http://www.sdn.sap.com/irj/sdn> em Março/2012.
- [TV01] Paolo Toth, Daniele Vigo. *The vehicle routing problem*. Siam Monographs on Discrete Mathematics and Applications, 2001.
- [BC401] BC401 - ABAP Objects SAP NetWeaver.SAP
- [WSAP12] [http://pt.wikipedia.org/wiki/SAP\\_AG](http://pt.wikipedia.org/wiki/SAP_AG) em Maio/2012
- [WPAN12] <http://panorama-consulting.com/Documents/2011-Guide-to-ERP-Systems-and-Vendors.pdf> em Maio/2012
- [WTIOBE12] <http://www.tiobe.com/index.php/content/paperinfo/tpci/index.html> em Maio/2012
- [WUML12] <http://www.umlet.com/> em Maio/2012
- [WERSUC] [http://ersuc.pt/web/index.php?option=com\\_content&view=article&id=62&Itemid=71](http://ersuc.pt/web/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=71) em Agosto/2012
- [WATERRO] [http://pt.wikipedia.org/wiki/Aterro\\_sanit%C3%A1rio](http://pt.wikipedia.org/wiki/Aterro_sanit%C3%A1rio) em Agosto/2012
- [WECOCE] [http://www.emac-em.pt/artigo.aspx?lang=pt&id\\_object=2517&name=Sabe-o-que-e-um-Ecocentro?](http://www.emac-em.pt/artigo.aspx?lang=pt&id_object=2517&name=Sabe-o-que-e-um-Ecocentro?) em Agosto/2012
- [WWBS] [http://help.sap.com/saphelp\\_470/helpdata/en/4c/225bd746e611d189470000e829fbbd/content.htm](http://help.sap.com/saphelp_470/helpdata/en/4c/225bd746e611d189470000e829fbbd/content.htm) em Agosto/2012
- [ALV01] Rich Heilman. ALV Object Model – Simple 2D Table – The Basics. 2006
- [WSPAR] <http://www.cachapuz.com/pt/home/solues/spar>
- [WJG01] Charlotte Jacobs-Blecha, Marc Goetschalckx, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia institute of Technology <http://neo.lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP/data/articles/VRPB.pdf> em Maio/2012
- [WAL005] <http://www.eunomia.co.uk/shopimages/Eunomia%20Kerbside%20Collections%20Options%20Final.pdf> em Setembro/2012

- [WIBD] Apontamentos da cadeira Introdução à Base de Dados (IBD) do professor Francisco Couto
- [RW01] Robert E. D. Woolsey, *Being Wrong With Clarke & Wright*, Colorado School of Mines, 1991

## 13 Anexos

### *13.1 Classes*

Nas páginas seguintes apresentam-se os documentos gerados automaticamente pelo SAP referentes às classes criadas no âmbito da programação orientada por objetos e que consistem nas seguintes:

- Classe Ecoponto - ZCL\_TM\_ECOPONTO
- Classe Arco - ZCL\_TM\_ARCO
- Classe Rota - ZCL\_TM\_ROTA
- Classe Junção - ZCL\_TM\_JUNCAO\_ROTAS
- Classe Controlador - ZCL\_TM\_CTR\_CLARKE\_WRIGHT

# Classe: ZCL\_TM\_ECOPONTO

Status: Ativo

## Características

Descrição: Ecoponto  
Geração instância: Público  
Final

Não liberado  
Aritmética em ponto fixo  
Categoria: Tipo de objeto geral  
Pacote: ZGETM  
Idioma original: PT

Criado por: AAZEVEDO  
Data de criação: 02.11.2011

## Atributos

### Atributos privados

Atributo	Tp.	Descrição	Tipo ref.	Val.inicial
ECOPONTO	Mant	Lista de ecopontos	CTG. ZGETM_ECOPONTOS	
ENCHIMENTO	Mant	Nível de enchimento	CTG. I	
RELEVANTE	Mant	Relevante para o estudo	CTG. CHAR1	
CAPACIDADE	Mant	Capacidade dos ecopontos	CTG. ZTM_QUANTIDADES	'2.5'
ENCHIMENTO_REAL	Mant	Nível de enchimento real	CTG. I	
RECOLHIDO	Mant	Indicação de ecoponto recolhido	CTG. CHAR1	

## Métodos

### Métodos públicos

#### CONSTRUCTOR

Descrição: CONSTRUCTOR  
Mét.instância

**Parâmetro importaç.**  
IM\_ECOPONTO TYPE ZGETM\_ECOPONTOS (Lista de ecopontos)  
IM\_NIVEL\_ENCHIMENTO TYPE I (Nível de enchimetno)

```
METHOD constructor.  
    ecoponto    = im_ecoponto.  
    enchimento = im_nivel_enchimento.  
ENDMETHOD.
```

#### DEFINIR\_ENCHIMENTO

Descrição: Definir nível de enchimento do ecoponto  
Mét.instância

**Parâmetro importaç.**  
IM\_ENCHIMENTO TYPE I

```
METHOD definir_enchimento.
```

```
    enchimento = im_enchimento.  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_ENCHIMENTO

Descrição: Obter enchimento estimado

Mét.instância

Parâmetro exportaç.

```
    EX_ENCHIMENTO TYPE I
```

```
METHOD obter_enchimento.  
    ex_enchimento = enchimento.  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_ATRIBUTOS

Descrição: Obter atributos

Mét.instância

Parâmetro exportaç.

```
    ECOPONTO_ATRIBUTOS TYPE ZGETM_ECOPONTOS (Lista de ecopontos)
```

```
METHOD obter_atributos.  
    MOVE-CORRESPONDING ecoponto TO ecoponto_atributos.  
ENDMETHOD.
```

COMPARAR

Descrição: Comparar dois ecopontos (1-iguais, 0-diferentes)

Mét.instância

Parâmetro importaç.

```
    IM_ECOPONTO TYPE REF TO ZCL_TM_ECOPONTO (Ecoponto)
```

Parâmetro retorno

```
    VALUE(RE_RESULT) TYPE I
```

```
METHOD comparar.  
    DATA: lt_zgetm_ecopontos1 TYPE zgetm_ecopontos.  
    DATA: lt_zgetm_ecopontos2 TYPE zgetm_ecopontos.  
    CALL METHOD im_ecoponto->obter_atributos  
        IMPORTING  
            ecoponto_atributos = lt_zgetm_ecopontos2.  
    CALL METHOD obter_atributos  
        IMPORTING  
            ecoponto_atributos = lt_zgetm_ecopontos1.  
    IF lt_zgetm_ecopontos1-codigo = lt_zgetm_ecopontos2-codigo.  
        re_result = 1.  
    ELSE.  
        re_result = 0.  
    ENDIF.  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_RELEVANCIA

Descrição: Obter se ecoponto é relevante

Mét.instância



Parâmetro retorno

VALUE(RE\_RELEVANTE) TYPE CHAR1 (Relevância)

METHOD obter\_relevancia.  
re\_relevante = relevante.  
ENDMETHOD.

DEFINIR\_RELEVANCIA

Descrição: Definir a relevancia do ecoponto  
Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_RELEVANTE TYPE CHAR1 (Relevância)

method DEFINIR\_RELEVANCIA.  
relevante = im\_relevante.  
endmethod.

OBTER\_CAPACIDADE

Descrição: Obter a capacidade do ecoponto  
Mét.instância

Parâmetro retorno

VALUE(RE\_CAPACIDADE) TYPE ZTM\_QUANTIDADES

METHOD obter\_capacidade.  
re\_capacidade = capacidade.  
ENDMETHOD.

OBTER\_ENCHIMENTO\_REAL

Descrição: Obter enchimento real  
Mét.instância

Parâmetro exportaç.

EX\_ENCHIMENTO\_REAL TYPE I

METHOD obter\_enchimento\_real.  
ex\_enchimento\_real = enchimento\_real.  
ENDMETHOD.

DEFINIR\_ENCHIMENTO\_REAL

Descrição: Definir enchimento real  
Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_ENCHIMENTO\_REAL TYPE I

METHOD definir\_enchimento\_real.  
enchimento\_real = im\_enchimento\_real.  
ENDMETHOD.

DEFINIR\_RECOLHIDO

Descrição: Definir status de recolhido  
Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_RECOLHIDO TYPE CHAR1 (Código de uma posição)

METHOD definir\_recolhido.  
    recolhido = im\_recolhido.  
ENDMETHOD.

OBTER\_RECOLHIDO

Descrição: Obter status de recolhido  
Mét.instância

Parâmetro retorno

VALUE(RE\_RECOLHIDO) TYPE CHAR1 (Código de uma posição)

METHOD obter\_recolhido.  
    re\_recolhido = recolhido.  
ENDMETHOD.

Métodos redefinidos

Tipos locais

\*\*\* use this source file for any type declarations (class  
\*\*\* definitions, interfaces or data types) you need for method  
\*\*\* implementation or private method's signature

Definições classes locais

\*\*\* local class implementation for public class  
\*\*\* use this source file for the implementation part of  
\*\*\* local helper classes

Macros

\*\*\* use this source file for any macro definitions you need  
\*\*\* in the implementation part of the class

Síntese

Características	1
Atributos	1
Atributos privados	1
Métodos	1
Métodos públicos	1
CONSTRUCTOR	1
DEFINIR_ENCHIMENTO	1
OBTER_ENCHIMENTO	2
OBTER_ATRIBUTOS	2
COMPARAR	2
OBTER_RELEVANCIA	2
DEFINIR_RELEVANCIA	3
OBTER_CAPACIDADE	3
OBTER_ENCHIMENTO_REAL	3
DEFINIR_ENCHIMENTO_REAL	3
DEFINIR_RECOLHIDO	3
OBTER_RECOLHIDO	4
Métodos redefinidos	4
Tipos locais	4
Definições classes locais	4
Macros	4

# Classe: ZCL\_TM\_ARCO

Status: Ativo

## Características

Descrição: Arco de uma rota  
Geração instância: Público  
Final

Não liberado  
Aritmética em ponto fixo  
Categoria: Tipo de objeto geral  
Pacote: ZGETM  
Idioma original: PT

Criado por: AAZEVEDO  
Data de criação: 02.11.2011

## Atributos

### Atributos privados

Atributo	Tp.	Descrição	Tipo ref.	Val.inicial
ECOP_ANT	Mant	Ecoponto	CTG.REF.A ZCL_TM_ECOPONTO	
ECOP_SEG	Mant	Ecoponto	CTG.REF.A ZCL_TM_ECOPONTO	
CUSTO	Mant	Distancia em metros	CTG. ZTM_CUSTO	
TEMPO	Mant	Tempo em segundos	CTG. ZTM_TEMPO	
CUSTO_REAL	Mant	Custo real	CTG. ZTM_CUSTO	
TEMPO_REAL	Mant	Tempo real	CTG. ZTM_TEMPO	

## Métodos

### Métodos públicos

### CONSTRUCTOR

Descrição: CONSTRUCTOR  
Mét.instância

#### Parâmetro importaç.

IM\_ECOP\_ANT TYPE REF TO ZCL\_TM\_ECOPONTO (Ecoponto)  
IM\_ECOP\_SEG TYPE REF TO ZCL\_TM\_ECOPONTO (Ecoponto)

```
METHOD constructor.  
    ecop_ant = im_ecop_ant.  
    ecop_seg = im_ecop_seg.  
    CALL METHOD calcular_custo  
    IMPORTING  
        ex_custo = custo  
        ex_tempo = tempo.  
ENDMETHOD.
```

### CALCULAR\_CUSTO

Descrição: Calcular custo/tempo entre 2 ecopontos  
Mét.instância

Parâmetro exportaç.

```
EX_CUSTO TYPE ZTM_CUSTO (Valor (mestros))
EX_TEMPO TYPE ZTM_TEMPO (Tempo (segundos))

METHOD calcular_custo.
  DATA: ls_zgetm_ecopontos1 TYPE zgetm_ecopontos.
  DATA: ls_zgetm_ecopontos2 TYPE zgetm_ecopontos.
  DATA: l_um_dist TYPE zgetm_dist-um_dist.
  DATA: l_um_tempo TYPE zgetm_dist-um_tempo.
  CALL METHOD ecop_ant->obter_atributos
    IMPORTING
      ecoponto_atributos = ls_zgetm_ecopontos1.
  CALL METHOD ecop_seg->obter_atributos
    IMPORTING
      ecoponto_atributos = ls_zgetm_ecopontos2.
* Distância euclidiana desativada
*   ex_custo =  SQRT( ( ls_zgetm_ecopontos1-latdecimal  -
ls_zgetm_ecopontos2-latdecimal  ) * ( ls_zgetm_ecopontos1-latdecimal  - ls_
*
*           ( ls_zgetm_ecopontos1-longdecimal  -
ls_zgetm_ecopontos2-longdecimal ) * ( ls_zgetm_ecopontos1-longdecimal - ls_
* Obtenção da distância real com base no google maps
  SELECT SINGLE distancia um_dist um_tempo tempo
    INTO (ex_custo, l_um_dist, l_um_tempo, ex_tempo)
  FROM zgetm_dist
  WHERE
    codigo1 = ls_zgetm_ecopontos1-codigo AND
    codigo2 = ls_zgetm_ecopontos2-codigo.
IF sy-subrc <> 0.
  SELECT SINGLE distancia um_dist um_tempo tempo
    INTO (ex_custo, l_um_dist, l_um_tempo, ex_tempo)
  FROM zgetm_dist
  WHERE
    codigo1 = ls_zgetm_ecopontos2-codigo AND
    codigo2 = ls_zgetm_ecopontos1-codigo.
ENDIF.
* Normalizar custo em metros
IF l_um_dist <> ''.
  IF l_um_dist = 'km' OR l_um_dist = 'kms' OR
    l_um_dist = 'KM' OR l_um_dist = 'KMs'.
    ex_custo = ex_custo * 1000.
  ENDIF.
ENDIF.
* Normalizar o tempo em segundos
IF l_um_tempo <> ''.
  IF l_um_tempo = 'min' OR l_um_tempo = 'mins' OR
    l_um_tempo = 'MIN' OR l_um_tempo = 'MINS'.
    ex_tempo = ex_tempo * 60.
  ENDIF.
ENDIF.
ENDMETHOD.
```

OBTER\_ECOPONTOS

Descrição: Obter ecopontos que constituem o arco  
Mét.instância

Parâmetro exportaç.

EX\_ECOP\_ANT TYPE REF TO ZCL\_TM\_ECOPONTO (Ecoponto)  
EX\_ECOP\_SEG TYPE REF TO ZCL\_TM\_ECOPONTO (Ecoponto)

METHOD OBTER\_ECOPONTOS.  
    ex\_ecop\_ant = ecop\_ant.  
    ex\_ecop\_seg = ecop\_seg.  
ENDMETHOD.

OBTER\_CUSTO

Descrição: Obter custo do arco  
Mét.instância

Parâmetro exportaç.

EX\_CUSTO TYPE ZTM\_CUSTO (Custo)

METHOD obter\_custo.  
    ex\_custo = custo.  
ENDMETHOD.

COMPARAR

Descrição: Comparar arcos  
Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_ARCO TYPE REF TO ZCL\_TM\_ARCO (Arco de uma rota)

Parâmetro retorno

VALUE(RE\_RESULT) TYPE I

METHOD comparar.  
    DATA: r\_ecoponto1\_ant TYPE REF TO zcl\_tm\_ecoponto.  
    DATA: r\_ecoponto1\_seg TYPE REF TO zcl\_tm\_ecoponto.  
    DATA: r\_ecoponto2\_ant TYPE REF TO zcl\_tm\_ecoponto.  
    DATA: r\_ecoponto2\_seg TYPE REF TO zcl\_tm\_ecoponto.  
    DATA: l\_value1 TYPE i.  
    DATA: l\_value2 TYPE i.  
    CALL METHOD im\_arco->obter\_ecopontos  
        IMPORTING  
            ex\_ecop\_ant = r\_ecoponto1\_ant  
            ex\_ecop\_seg = r\_ecoponto1\_seg.  
    CALL METHOD obter\_ecopontos  
        IMPORTING  
            ex\_ecop\_ant = r\_ecoponto2\_ant  
            ex\_ecop\_seg = r\_ecoponto2\_seg.  
    CALL METHOD r\_ecoponto1\_ant->comparar  
        EXPORTING  
            im\_ecoponto = r\_ecoponto2\_ant  
    RECEIVING  
        re\_result = l\_value1.  
    CALL METHOD r\_ecoponto1\_seg->comparar  
        EXPORTING  
            im\_ecoponto = r\_ecoponto2\_seg  
    RECEIVING  
        re\_result = l\_value2.  
    IF l\_value1 = 1 AND l\_value2 = 1.

```
        re_result = 1.  
    ELSE.  
        re_result = 0.  
    ENDIF.  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_TEMPO

Descrição: Obter tempo estimado do arco

Mét.instância

Parâmetro exportaç.

EX\_TEMPO TYPE ZTM\_TEMPO (Tempo entre cada ecoponto)

```
method OBTER_TEMPO.  
    ex_tempo = tempo.  
endmethod.
```

OBTER\_CUSTO\_REAL

Descrição: Obter custo real

Mét.instância

Parâmetro exportaç.

EX\_CUSTO\_REAL TYPE ZTM\_CUSTO (Custo)

```
method OBTER_CUSTO_REAL.  
    ex_custo_real = custo_real.  
endmethod.
```

OBTER\_TEMPO\_REAL

Descrição: Obter tempo real

Mét.instância

Parâmetro exportaç.

EX\_TEMPO\_REAL TYPE ZTM\_TEMPO (Tempo entre cada ecoponto)

```
METHOD obter_tempo_real.  
    ex_tempo_real = tempo_real.  
ENDMETHOD.
```

DEFINIR\_CUSTO\_REAL

Descrição: Definir custo real

Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_CUSTO\_REAL TYPE ZTM\_CUSTO (Custo)

```
METHOD definir_custo_real.  
    custo_real = im_custo_real.  
ENDMETHOD.
```

DEFINIR\_TEMPO\_REAL

Descrição: Definir tempo real

Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_TEMPO\_REAL TYPE ZTM\_TEMPO (Tempo entre cada ecoponto)

```
METHOD definir_tempo_real.  
    tempo_real = im_tempo_real.  
ENDMETHOD.
```

Métodos redefinidos

Tipos locais

```
*** use this source file for any type declarations (class  
*** definitions, interfaces or data types) you need for method  
*** implementation or private method's signature
```

Definições classes locais

```
*** local class implementation for public class  
*** use this source file for the implementation part of  
*** local helper classes
```

Macros

```
*** use this source file for any macro definitions you need  
*** in the implementation part of the class
```



# Síntese

Características	1
Atributos	1
Atributos privados	1
Métodos	1
Métodos públicos	1
CONSTRUCTOR	1
CALCULAR_CUSTO	1
OBTER_ECOPONTOS	2
OBTER_CUSTO	3
COMPARAR	3
OBTER_TEMPO	4
OBTER_CUSTO_REAL	4
OBTER_TEMPO_REAL	4
DEFINIR_CUSTO_REAL	4
DEFINIR_TEMPO_REAL	4
Métodos redefinidos	5
Tipos locais	5
Definições classes locais	5
Macros	5

# Classe: ZCL\_TM\_ROTA

Status: Ativo

## Características

Descrição: Rota  
Geração instância: Público  
Final  
Não liberado  
Aritmética em ponto fixo  
Categoria: Tipo de objeto geral  
Pacote: ZGETM  
Idioma original: PT  
Criado por: AAZEVEDO  
Data de criação: 02.11.2011  
Última modific. por: AAZEVEDO  
Últ.modificação em: 02.11.2011

## Atributos

### Atributos privados

Atributo	Tp.	Descrição	Tipo ref.
Val.inicial			
LISTA_ARCOS	Mant	Lista de arcos	CTG. ZTM_LISTA_ARCOS
N_ROTA	Mant		CTG. I
CAPACIDADE_UTILIZADA	Mant	Capacidade utilizada	CTG. NETWR
ECOPONTO_SEDE	Mant	Ecoponto	CTG.REF.A ZCL_TM_ECOPONTO
TEMPO_ESTIMADO	Mant	Tempo da rota	CTG. ZTM_TEMPO
CUSTO_ESTIMADO	Mant	Custo da rota	CTG. ZTM_CUSTO
TEMPO_RECOLHA	Mant	Tempo médio de cada recolha	CTG. I
N_ECOPONTOS	Mant	Número de ecopontos (com sede)	CTG. I
N_ROTA_REGISTADO	Mant	Número da rota registado na BD	CTG. I
FILEIRA	Mant	Campo de caracteres do comprimento 10	CTG. CHAR10
STATUS	Mant	Status	CTG. CHAR1

## Métodos

### Métodos públicos

#### CONSTRUCTOR

Descrição: CONSTRUCTOR  
Mét.instância

#### Parâmetro importaç.

IM\_N\_ROTA TYPE I  
IM\_CAPACIDADE\_UTILIZADA TYPE NETWR (Valor líquido na moeda do documento)

```
METHOD constructor.  
  DATA: ls_sede TYPE zgetm_ecopontos.  
  n_rota = im_n_rota.  
  capacidade_utilizada = im_capacidade_utilizada.  
  CALL METHOD obter_sede.  
ENDMETHOD.
```

NOVO\_ARCO

Descrição: Novo arco

Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_LISTA\_ARCOS TYPE REF TO ZCL\_TM\_ARCO (Arco de uma rota)

```
METHOD novo_arco.  
  DATA: l_custo TYPE ztm_custo.  
  DATA: l_tempo TYPE ztm_tempo.  
  APPEND im_lista_arcos TO lista_arcos.  
  CALL METHOD im_lista_arcos->obter_custo  
    IMPORTING  
      ex_custo = l_custo.  
  CALL METHOD im_lista_arcos->obter_tempo  
    IMPORTING  
      ex_tempo = l_tempo.  
  custo_estimado = custo_estimado + l_custo.  
  tempo_estimado = tempo_estimado + l_tempo.  
  n_ecopontos = n_ecopontos + 1.  
ENDMETHOD.
```

APAGAR\_ARCO

Descrição: Apagar arco

Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_ARCO TYPE REF TO ZCL\_TM\_ARCO (Arco de uma rota)

```
METHOD apagar_arco.  
  DATA: r_arco TYPE REF TO zcl_tm_arco.  
  DATA: l_value TYPE i.  
  DATA: l_custo TYPE ztm_custo.  
  DATA: l_tempo TYPE ztm_tempo.  
  LOOP AT lista_arcos INTO r_arco.  
    CALL METHOD im_arco->comparar  
      EXPORTING  
        im_arco   = r_arco  
      RECEIVING  
        re_result = l_value.  
    CALL METHOD r_arco->obter_custo  
      IMPORTING  
        ex_custo = l_custo.  
    CALL METHOD r_arco->obter_tempo  
      IMPORTING  
        ex_tempo = l_tempo.  
    IF l_value = 1.  
      custo_estimado = custo_estimado - l_custo.
```

```
        tempo_estimado = tempo_estimado - l_tempo.  
        n_ecopontos = n_ecopontos - 1.  
        DELETE lista_arcos.  
        EXIT.  
    ENDIF.  
ENDLOOP.  
ENDMETHOD.
```

ARCO\_ECOPONTO\_INTERIOR

Descrição: Lista do arco em que o ecoponto é interior  
Mét.instância

Parâmetro importaç.

```
IM_ECOPONTO1 TYPE REF TO ZCL_TM_ECOPONTO (Ecoponto)  
IM_ECOPONTO2 TYPE REF TO ZCL_TM_ECOPONTO (Ecoponto)
```

Parâmetro exportaç.

```
EX_ARCO TYPE REF TO ZCL_TM_ARCO (Arco de uma rota)
```

```
METHOD arco_ecoponto_interior.  
    DATA: r_ecoponto1 TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.  
    DATA: r_ecoponto2 TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.  
    DATA: r_arco      TYPE REF TO zcl_tm_arco.  
    DATA: ls_ecoponto1 TYPE zgetm_ecopontos.  
    DATA: ls_ecoponto2 TYPE zgetm_ecopontos.  
    DATA: ls_ecoponto_im1 TYPE zgetm_ecopontos.  
    DATA: ls_ecoponto_im2 TYPE zgetm_ecopontos.  
    FIELD-SYMBOLS: <arco> LIKE LINE OF lista_arcos.  
    LOOP AT lista_arcos ASSIGNING <arco>.  
        CALL METHOD <arco>->obter_ecopontos  
            IMPORTING  
                ex_ecop_ant = r_ecoponto1  
                ex_ecop_seg = r_ecoponto2.  
        CALL METHOD r_ecoponto1->obter_atributos  
            IMPORTING  
                ecoponto_atributos = ls_ecoponto1.  
        CALL METHOD r_ecoponto2->obter_atributos  
            IMPORTING  
                ecoponto_atributos = ls_ecoponto2.  
        CALL METHOD im_ecoponto1->obter_atributos  
            IMPORTING  
                ecoponto_atributos = ls_ecoponto_im1.  
        CALL METHOD im_ecoponto2->obter_atributos  
            IMPORTING  
                ecoponto_atributos = ls_ecoponto_im2.  
        IF ls_ecoponto1-codigo = ls_ecoponto_im1-codigo AND ls_ecoponto2-codigo =  
ls_ecoponto_im2-codigo OR  
            ls_ecoponto1-codigo = ls_ecoponto_im2-codigo AND ls_ecoponto2-codigo =  
ls_ecoponto_im1-codigo .  
            EX_ARCO = <arco>.  
            EXIT.  
        ENDIF.  
    ENDLOOP.  
ENDMETHOD.
```

REVERTER\_ROTA

Descrição: Reverter Rota

Mét.instância

```
METHOD reverter_rota.  
  DATA: r_arco TYPE REF TO zcl_tm_arco.  
  DATA: r_arco_novo TYPE REF TO zcl_tm_arco.  
  DATA: lt_lista_arcos TYPE TABLE OF REF TO zcl_tm_arco .  
  DATA: ls_lista_arcos TYPE REF TO zcl_tm_arco.  
  DATA: l_result TYPE i.  
  DATA: l_result2 TYPE i.  
  DATA: r_ecoponto_ant TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.  
  DATA: r_ecoponto_seg TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.  
  DATA: r_ecoponto_novo_ant TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.  
  DATA: r_ecoponto_novo_seg TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.  
  l_result2 = 0.  
  WHILE l_result2 = 0.  
    IF sy-index = 1.  
      LOOP AT lista_arcos INTO r_arco.  
        CALL METHOD r_arco->obter_ecopontos  
          IMPORTING  
            ex_ecop_ant = r_ecoponto_ant  
            ex_ecop_seg = r_ecoponto_seg.  
        CALL METHOD r_ecoponto_seg->comparar  
          EXPORTING  
            im_ecoponto = ecoponto_sede  
          RECEIVING  
            re_result   = l_result.  
        IF l_result = 1.  
          EXIT.  
        ENDIF.  
      ENDLLOOP.  
    ELSE.  
      LOOP AT lista_arcos INTO r_arco.  
        CALL METHOD r_arco->obter_ecopontos  
          IMPORTING  
            ex_ecop_ant = r_ecoponto_ant  
            ex_ecop_seg = r_ecoponto_seg.  
        CALL METHOD r_arco_novo->obter_ecopontos  
          IMPORTING  
            ex_ecop_ant = r_ecoponto_novo_ant  
            ex_ecop_seg = r_ecoponto_novo_seg.  
        CALL METHOD r_ecoponto_seg->comparar  
          EXPORTING  
            im_ecoponto = r_ecoponto_novo_seg  
          RECEIVING  
            re_result   = l_result.  
        IF l_result = 1.  
          EXIT.  
        ENDIF.  
      ENDLLOOP.  
    ENDIF.  
    CREATE OBJECT r_arco_novo
```

```
EXPORTING
    im_ecop_ant = r_ecoponto_seg
    im_ecop_seg = r_ecoponto_ant.
* Avaliar condição de saída
CALL METHOD r_ecoponto_ant->comparar
EXPORTING
    im_ecoponto = ecoponto_sede
RECEIVING
    re_result    = l_result2.
APPEND r_arco_novo TO lt_lista_arcos.
ENDWHILE.
* Eliminar rota não revertida
LOOP AT lista_arcos INTO r_arco.
    DELETE lista_arcos.
ENDLOOP.
* Incluir nova rota revertida
LOOP AT lt_lista_arcos INTO ls_lista_arcos.
    CALL METHOD novo_arco
EXPORTING
        im_lista_arcos = ls_lista_arcos.
ENDLOOP.
ENDMETHOD.
```

OBTER\_CAPACIDADE\_UTILIZADA

Descrição: Devolve capacidade utilizada na rota  
Mét.instância

Parâmetro exportaç.

EX\_CAPACIDADE\_UTILIZADA TYPE NETWR (Valor líquido na moeda do documento)

```
METHOD obter_capacidade_utilizada.
    ex_capacidade_utilizada = capacidade_utilizada.
ENDMETHOD.
```

COMPARAR

Descrição: Comparar rotas  
Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_ROTA TYPE REF TO ZCL\_TM\_ROTA (Rota)

Parâmetro retorno

VALUE(RE\_RESULT) TYPE I

```
METHOD comparar.
    DATA: l_n_rota TYPE i.
    IF im_rota IS INITIAL.
        re_result = 0.
        EXIT.
    ENDIF.
    CALL METHOD im_rota->obter_n_rota
IMPORTING
        ex_n_rota = l_n_rota.
    IF n_rota = l_n_rota .
        re_result = 1.
```

```
ELSE.  
    re_result = 0.  
ENDIF.  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_N\_ROTA

Descrição: Obter número da rota  
Mét.instância

Parâmetro exportaç.

```
EX_N_ROTA TYPE I
```

```
METHOD obter_n_rota.  
    ex_n_rota = n_rota.  
ENDMETHOD.
```

ALTERAR\_N\_ROTA

Descrição: Alterar número da rota  
Mét.instância

Parâmetro importaç.

```
IM_NOVO_N_ROTA TYPE I
```

```
METHOD ALTERAR_N_ROTA.  
    n_rota = im_novo_n_rota.  
ENDMETHOD.
```

COPIAR\_ARCOS

Descrição: Copiar arcos com base em outra rota  
Mét.instância

Parâmetro importaç.

```
IM_ROTA TYPE REF TO ZCL_TM_ROTA (Rota)
```

```
METHOD copiar_arcos.  
    DATA: r_arco TYPE REF TO zcl_tm_arco.  
    LOOP AT im_rota->lista_arcos INTO r_arco.  
        CALL METHOD novo_arco  
            EXPORTING  
                im_lista_arcos = r_arco.  
    ENDLOOP.  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_LISTA\_ARCOS

Descrição: Obtém a lista dos arcos  
Mét.instância

Parâmetro exportaç.

```
EX_LISTA_ARCOS TYPE ZTM_LISTA_ARCOS (Lista de arcos)
```

```
METHOD obter_lista_arcos.  
    ex_lista_arcos[] = lista_arcos[].  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_TEMPO\_ESTIMADO

Descrição: Obter tempo estimado  
Mét.instância

Parâmetro exportaç.

EX\_TEMPO\_ESTIMADO TYPE ZTM\_TEMPO (Tempo entre cada ecoponto)

METHOD obter\_tempo\_estimado.  
    ex\_tempo\_estimado = tempo\_estimado.  
ENDMETHOD.

OBTER\_CUSTO\_ESTIMADO

Descrição: Obter custo estimado  
Mét.instância

Parâmetro exportaç.

EX\_CUSTO\_ESTIMADO TYPE ZTM\_CUSTO (Custo)

METHOD obter\_custo\_estimado.  
    ex\_custo\_estimado = custo\_estimado.  
ENDMETHOD.

OBTER\_N\_ECOPONTOS

Descrição: Obter número de ecopontos da rota  
Mét.instância

Parâmetro retorno

VALUE(RE\_N\_ECOPONTOS) TYPE I

METHOD obter\_n\_ecopontos.  
    re\_n\_ecopontos = n\_ecopontos.  
ENDMETHOD.

APROVACAO

Descrição: Aprovação da rota  
Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_EQUIPA TYPE CHAR10 (Nº pessoal)  
IM\_DATA\_RECOLHA TYPE DATS (Campo do tipo DATS)  
IM\_FILEIRA TYPE CHAR10 (Campo de caracteres do comprimento 10)

Parâmetro exportaç.

EX\_N\_ROTA TYPE I (Nº natural)

METHOD aprovacao.  
    DATA: ls\_zgetm\_rec\_reais TYPE zgetm\_rec\_reais.  
    DATA: ls\_zgetm\_rec\_item TYPE zgetm\_rec\_item.  
    DATA: lt\_zgetm\_rec\_item TYPE TABLE OF zgetm\_rec\_item.  
    DATA: r\_arco TYPE REF TO zcl\_tm\_arco.  
    DATA: lt\_lista\_arcos TYPE ztm\_lista\_arcos.  
    DATA: r\_ecop1 TYPE REF TO zcl\_tm\_ecoponto.  
    DATA: r\_ecop2 TYPE REF TO zcl\_tm\_ecoponto.  
    DATA: ls\_ecopontos1 TYPE zgetm\_ecopontos.  
    DATA: ls\_ecopontos2 TYPE zgetm\_ecopontos.



```
* Procurar o número da rota para a BD
SELECT MAX( codigo )
  FROM zgetm_rec_reais
 INTO ls_zgetm_rec_reais-codigo
 WHERE
   fileira = im_fileira AND
   data_recolha = im_data_recolha.
ADD 1 TO ls_zgetm_rec_reais-codigo.
* Alterar código de acordo com novo numero registado na BD
n_rota = ls_zgetm_rec_reais-codigo.
ex_n_rota = ls_zgetm_rec_reais-codigo.
* Dados de cabeçalho
ls_zgetm_rec_reais-fileira = im_fileira.
ls_zgetm_rec_reais-data_recolha = im_data_recolha.
ls_zgetm_rec_reais-equipa = im_equipa.
ls_zgetm_rec_reais-status = 'A'.
ls_zgetm_rec_reais-enchim_esp = capacidade_utilizada.
MODIFY zgetm_rec_reais FROM ls_zgetm_rec_reais.
* Atualizar status
status = 'A'.
* Dados de item
CALL METHOD obter_lista_arcos
  IMPORTING
    ex_lista_arcos = lt_lista_arcos.
ls_zgetm_rec_item-codigo = ls_zgetm_rec_reais-codigo.
ls_zgetm_rec_item-fileira = im_fileira.
ls_zgetm_rec_item-data_recolha = im_data_recolha.
LOOP AT lt_lista_arcos INTO r_arco.
  CALL METHOD r_arco->obter_ecopontos
    IMPORTING
      ex_ecop_ant = r_ecop1
      ex_ecop_seg = r_ecop2.
  CALL METHOD r_ecop1->obter_atributos
    IMPORTING
      ecoponto_atributos = ls_ecopontos1.
  CALL METHOD r_ecop2->obter_atributos
    IMPORTING
      ecoponto_atributos = ls_ecopontos2.
  ls_zgetm_rec_item-cod_ecop1 = ls_ecopontos1-codigo.
  ls_zgetm_rec_item-cod_ecop2 = ls_ecopontos2-codigo.
  CALL METHOD r_ecop2->obter_enchimento
    IMPORTING
      ex_enchimento = ls_zgetm_rec_item-enchim_esp.
  CALL METHOD r_arco->obter_tempo
    IMPORTING
      ex_tempo = ls_zgetm_rec_item-tempo_esp.
  CALL METHOD r_arco->obter_custo
    IMPORTING
      ex_custo = ls_zgetm_rec_item-custo_esp.
  APPEND ls_zgetm_rec_item TO lt_zgetm_rec_item.
ENDLOOP.
MODIFY zgetm_rec_item FROM TABLE lt_zgetm_rec_item.
ENDMETHOD.
```

REALIZACAO

Descrição: Realização da rota

Mét.instância

Parâmetro importaç.

- IM\_DATA\_RECOLHA TYPE DATS (Campo do tipo DATS)
- IM\_FILEIRA TYPE CHAR10 (Campo de caracteres do comprimento 10)
- IM\_CODIGO TYPE INT4 (Nº natural)
- IM\_LISTA\_ARCOS TYPE ZTM\_LISTA\_ARCOS (Lista de arcos)
- IM\_EQUIPA TYPE CHAR10 (Equipa)

```
METHOD realizacao.  
  DATA: ls_zgetm_rec_reais TYPE zgetm_rec_reais.  
  DATA: ls_zgetm_rec_item TYPE zgetm_rec_item.  
  DATA: lt_zgetm_rec_item TYPE TABLE OF zgetm_rec_item.  
  DATA: r_arco TYPE REF TO zcl_tm_arco.  
  DATA: r_ecop1 TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.  
  DATA: r_ecop2 TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.  
  DATA: ls_ecopontos1 TYPE zgetm_ecopontos.  
  DATA: ls_ecopontos2 TYPE zgetm_ecopontos.  
* Obter dados aprovados  
  SELECT SINGLE *  
    FROM zgetm_rec_reais  
    INTO ls_zgetm_rec_reais  
    WHERE  
      fileira = im_fileira AND  
      data_recolha = im_data_recolha AND  
      codigo = im_codigo.  
* Atualizar status  
  status = 'R'.  
* Dados de cabeçalho  
  ls_zgetm_rec_reais-codigo = im_codigo.  
  ls_zgetm_rec_reais-fileira = im_fileira.  
  ls_zgetm_rec_reais-data_recolha = im_data_recolha.  
  ls_zgetm_rec_reais-status = 'R'.  
  ls_zgetm_rec_reais-equipa = im_equipa.  
  MODIFY zgetm_rec_reais FROM ls_zgetm_rec_reais.  
* Dados de item  
  ls_zgetm_rec_item-codigo = ls_zgetm_rec_reais-codigo.  
  ls_zgetm_rec_item-fileira = im_fileira.  
  ls_zgetm_rec_item-data_recolha = im_data_recolha.  
  LOOP AT im_lista_arcos INTO r_arco.  
    CALL METHOD r_arco->obter_ecopontos  
      IMPORTING  
        ex_ecop_ant = r_ecop1  
        ex_ecop_seg = r_ecop2.  
    CALL METHOD r_ecop1->obter_atributos  
      IMPORTING  
        ecoponto_atributos = ls_ecopontos1.  
    CALL METHOD r_ecop2->obter_atributos  
      IMPORTING  
        ecoponto_atributos = ls_ecopontos2.  
    SELECT SINGLE *
```

```
FROM zgetm_rec_item
INTO ls_zgetm_rec_item
WHERE
  fileira = im_fileira AND
  data_recolha = im_data_recolha AND
  codigo = im_codigo AND
  cod_ecop1 = ls_ecopontos1-codigo AND
  cod_ecop2 = ls_ecopontos2-codigo.
ls_zgetm_rec_item-cod_ecop1 = ls_ecopontos1-codigo.
ls_zgetm_rec_item-cod_ecop2 = ls_ecopontos2-codigo.
CALL METHOD r_ecop2->obter_enchimento_real
  IMPORTING
    ex_enchimento_real = ls_zgetm_rec_item-enchim_real.
CALL METHOD r_arco->obter_tempo_real
  IMPORTING
    ex_tempo_real = ls_zgetm_rec_item-tempo_real.
CALL METHOD r_arco->obter_custo
  IMPORTING
    ex_custo = ls_zgetm_rec_item-custo_real.
CALL METHOD r_ecop2->obter_recolhido
  RECEIVING
    re_recolhido = ls_zgetm_rec_item-recolhido.
APPEND ls_zgetm_rec_item TO lt_zgetm_rec_item.
ENDLOOP.
MODIFY zgetm_rec_item FROM TABLE lt_zgetm_rec_item.
ENDMETHOD.
```

OBTER\_STATUS

Descrição: Obter status  
Mét.instância

Parâmetro retorno

VALUE(RE\_STATUS) TYPE CHAR1 (Código de uma posição)

```
METHOD obter_status.
  re_status = status.
ENDMETHOD.
```

DEFINIR\_STATUS

Descrição: Definir status  
Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_STATUS TYPE CHAR1 (Código de uma posição)

```
METHOD definir_status.
  status = im_status.
ENDMETHOD.
```

DEFINIR\_ENCHIMENTO\_PREV

Descrição: Definir enchimento previsto da rota  
Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_ENCHIMENTO\_PREV TYPE NETWR (Valor líquido na moeda do documento)

```
METHOD definir_enchimento_prev.  
  capacidade_utilizada = im_enchimento_prev.  
ENDMETHOD.
```

Métodos privados

OBTER\_SEDE

Descrição: Obter Sede

Mét.instância

```
METHOD obter_sede.  
  DATA: ls_sede TYPE zgetm_ecopontos.  
  * Obter sede  
  * Dados da sede  
  SELECT SINGLE *  
    FROM zgetm_ecopontos  
    INTO ls_sede  
    WHERE codigo = 99999.  
  * Criar objeto sede  
  CREATE OBJECT ecoponto_sede  
    EXPORTING  
      im_ecoponto      = ls_sede  
      im_nivel_enchimento = 0.  
ENDMETHOD.
```

Métodos redefinidos

Tipos locais

```
*** use this source file for any type declarations (class  
*** definitions, interfaces or data types) you need for method  
*** implementation or private method's signature
```

Definições classes locais

```
*** local class implementation for public class  
*** use this source file for the implementation part of  
*** local helper classes
```

Macros

```
*** use this source file for any macro definitions you need  
*** in the implementation part of the class
```

## Síntese

Características	1
Atributos	1
Atributos privados	1
Métodos	1
Métodos públicos	1
CONSTRUCTOR	1
NOVO_ARCO	2
APAGAR_ARCO	2
ARCO_ECOPONTO_INTERIOR	3
REVERTER_ROTA	4
OBTER_CAPACIDADE_UTILIZADA	5
COMPARAR	5
OBTER_N_ROTA	6
ALTERAR_N_ROTA	6
COPIAR_ARCOS	6
OBTER_LISTA_ARCOS	6
OBTER_TEMPO_ESTIMADO	6
OBTER_CUSTO_ESTIMADO	7
OBTER_N_ECOPONTOS	7
APROVACAO	7
REALIZACAO	9
OBTER_STATUS	10
DEFINIR_STATUS	10
DEFINIR_ENCHIMENTO_PREV	10
Métodos privados	11
OBTER_SEDE	11
Métodos redefinidos	11
Tipos locais	11
Definições classes locais	11
Macros	11

# Classe: ZCL\_TM\_JUNCAO\_ROTAS

Status: Ativo

## Características

Descrição: Junção de duas rotas

Geração instância: Público

Final

Não liberado

Aritmética em ponto fixo

Categoria: Tipo de objeto geral

Pacote: ZGETM

Idioma original: PT

Criado por: AAZEVEDO

Data de criação: 02.11.2011

## Atributos

### Atributos privados

Atributo	Tp.	Descrição	Tipo ref.
Val.inicial			
LISTA_ROTAS	Mant	Lista das rotas depois da junção	CTG. ZTM_LISTA_ROTAS
N_JUNCAO	Mant	Número da junção de 2 rotas	CTG. I
ROTA1	Mant	Rota	CTG.REF.A ZCL_TM_ROTA
ROTA2	Mant	Rota	CTG.REF.A ZCL_TM_ROTA
ECOPONTO1	Mant	Ecoponto	CTG.REF.A ZCL_TM_ECOPONTO
ECOPONTO2	Mant	Ecoponto	CTG.REF.A ZCL_TM_ECOPONTO
CAPACIDADE_UTILIZADA	Mant	Capacidade utilizada	CTG. NETWR
ARCO1	Mant	Arco de uma rota	CTG.REF.A ZCL_TM_ARCO
ARCO2	Mant	Arco de uma rota	CTG.REF.A ZCL_TM_ARCO
ECOPONTO_SEDE	Mant	Ecoponto sede	CTG.REF.A ZCL_TM_ECOPONTO
NOVA_ROTA	Mant	Nova rota criada	CTG.REF.A ZCL_TM_ROTA

## Métodos

### Métodos públicos

### CONSTRUCTOR

Descrição: CONSTRUCTOR

Mét.instância

#### Parâmetro importaç.

- IM\_ROTA1 TYPE REF TO ZCL\_TM\_ROTA (Rota)
- IM\_ROTA2 TYPE REF TO ZCL\_TM\_ROTA (Rota)
- IM\_ECOPONTO1 TYPE REF TO ZCL\_TM\_ECOPONTO (Ecoponto)
- IM\_ECOPONTO2 TYPE REF TO ZCL\_TM\_ECOPONTO (Ecoponto)

```
IM_CAPACIDADE TYPE NETWR (Capacidade)
IM_ARCO1 TYPE REF TO ZCL_TM_ARCO (Arco de uma rota)
IM_ARCO2 TYPE REF TO ZCL_TM_ARCO (Arco de uma rota)
IM_N_JUNCAO TYPE I (Número da junção)
```

```
METHOD constructor.
  DATA: ls_sede TYPE zgetm_ecopontos.
* Importações diversas
  rota1          = im_rota1.
  rota2          = im_rota2.
  ecoponto1      = im_ecoponto1.
  ecoponto2      = im_ecoponto2.
  capacidade_utilizada = im_capacidade.
  arco1          = im_arco1.
  arco2          = im_arco2.
  n_juncao       = im_n_juncao.
  CALL METHOD obter_sede.
  CALL METHOD preparar_juncao.
ENDMETHOD.
```

PREPARAR\_JUNCAO

Descrição: Preparar arcos para efetivar junção

Mét.instância

```
METHOD preparar_juncao.
  DATA: r_ecoponto1_ant TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.
  DATA: r_ecoponto1_seg TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.
  DATA: r_ecoponto2_ant TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.
  DATA: r_ecoponto2_seg TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.
  DATA: l_situacao TYPE i.
  DATA: ls_ecoponto1_ant TYPE zgetm_ecopontos.
  DATA: ls_ecoponto1_seg TYPE zgetm_ecopontos.
  DATA: ls_ecoponto2_ant TYPE zgetm_ecopontos.
  DATA: ls_ecoponto2_seg TYPE zgetm_ecopontos.
  DATA: ls_ecoponto_sede TYPE zgetm_ecopontos.
*Obter ecopontos dos dois arcos em junção
  CALL METHOD arco1->obter_ecopontos
    IMPORTING
      ex_ecop_ant = r_ecoponto1_ant
      ex_ecop_seg = r_ecoponto1_seg.
  CALL METHOD arco2->obter_ecopontos
    IMPORTING
      ex_ecop_ant = r_ecoponto2_ant
      ex_ecop_seg = r_ecoponto2_seg.
* Obter atributos
  CALL METHOD r_ecoponto1_ant->obter_atributos
    IMPORTING
      ecoponto_atributos = ls_ecoponto1_ant.
  CALL METHOD r_ecoponto1_seg->obter_atributos
    IMPORTING
      ecoponto_atributos = ls_ecoponto1_seg.
  CALL METHOD r_ecoponto2_ant->obter_atributos
    IMPORTING
      ecoponto_atributos = ls_ecoponto2_ant.
```

```
CALL METHOD r_ecoponto2_seg->obter_atributos
IMPORTING
    ecoponto_atributos = ls_ecoponto2_seg.
CALL METHOD ecoponto_sede->obter_atributos
IMPORTING
    ecoponto_atributos = ls_ecoponto_sede.
*      Situação      =>      Tratamento
* 1. vertices: F I  =>      Sem tratamento
* 2. vertices: F F  =>      Reverter rota do segundo vertice
* 3. vertices: I I  =>      Reverter rota do primeiro vertice
* 4. vertices: I F  =>      Trocar uma rota com a outra
IF      ls_ecopontol_ant-codigo = ls_ecoponto_sede-codigo AND
ls_ecoponto2_ant-codigo = ls_ecoponto_sede-codigo.
    l_situacao = 3.
ELSEIF ls_ecopontol_seg-codigo = ls_ecoponto_sede-codigo AND
ls_ecoponto2_seg-codigo = ls_ecoponto_sede-codigo.
    l_situacao = 2.
ELSEIF ls_ecopontol_ant-codigo = ls_ecoponto_sede-codigo AND
ls_ecoponto2_seg-codigo = ls_ecoponto_sede-codigo.
    l_situacao = 4.
ELSEIF ls_ecopontol_seg-codigo = ls_ecoponto_sede-codigo AND
ls_ecoponto2_ant-codigo = ls_ecoponto_sede-codigo.
    l_situacao = 1.
ENDIF.
* Efetuar tratamento
CASE l_situacao.
    WHEN 2.
        CALL METHOD rota2->reverter_rota.
    WHEN 3.
        CALL METHOD rotal->reverter_rota.
    WHEN 4.
        CALL METHOD trocar_rotas.
ENDCASE.
ENDMETHOD.
```

TROCAR\_ROTAS

Descrição: Trocar as rotas

Mét.instância

```
METHOD trocar_rotas.
    DATA: r_rota_aux TYPE REF TO zcl_tm_rota.
    DATA: r_ecoponto_aux TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.
    DATA: r_arco_aux TYPE REF TO zcl_tm_arco.
* Trocar rotas
    r_rota_aux = rotal.
    rotal = rota2.
    rota2 = r_rota_aux.
* Trocar ecopontos
    r_ecoponto_aux = ecopontol.
    ecopontol = ecoponto2.
    ecoponto2 = r_ecoponto_aux.
* Trocar arcos
    r_arco_aux = arcol.
    arcol = arco2.
```



```
        arco2 = r_arco_aux.  
ENDMETHOD.
```

EFETUAR\_JUNCAO

Descrição: Efetuar a junção das duas rotas

Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_CONTROLADOR TYPE REF TO ZCL\_TM\_CTR\_CLARKE\_WRIGHT (Controlador CLARKE\_WRIGHT)

```
METHOD efetuar_juncao.  
    DATA: r_rota TYPE REF TO zcl_tm_rota.  
    DATA: r_arco TYPE REF TO zcl_tm_arco.  
    DATA: r_arco_novo TYPE REF TO zcl_tm_arco.  
    DATA: l_n_nova_rota TYPE i.  
    DATA: l_result1 TYPE i.  
    DATA: l_result2 TYPE i.  
    DATA: r_arco_ecop1_sede TYPE REF TO zcl_tm_arco.  
    DATA: r_arco_sede_ecop2 TYPE REF TO zcl_tm_arco.  
    DATA: r_nova_rota TYPE REF TO zcl_tm_rota.  
    DATA: lt_lista_rotas_atuais TYPE ztm_lista_rotas_atuais.  
* Novo numero de rota  
    CALL METHOD im_controlador->incrementar_total_rotas.  
    CALL METHOD im_controlador->obter_total_rotas  
        IMPORTING  
            ex_n_total_rotas = l_n_nova_rota.  
* Criar os dois arcos a eliminar  
    CREATE OBJECT r_arco_ecop1_sede  
        EXPORTING  
            im_ecop_ant = ecoponto1  
            im_ecop_seg = ecoponto_sede.  
    CREATE OBJECT r_arco_sede_ecop2  
        EXPORTING  
            im_ecop_ant = ecoponto_sede  
            im_ecop_seg = ecoponto2.  
* Nova rota  
    CREATE OBJECT r_nova_rota  
        EXPORTING  
            im_n_rota          = l_n_nova_rota  
            im_capacidade_utilizada = capacidade_utilizada.  
* Incluir o novo arco  
    CREATE OBJECT r_arco_novo  
        EXPORTING  
            im_ecop_ant = ecoponto1  
            im_ecop_seg = ecoponto2.  
    CALL METHOD r_nova_rota->novo_arco  
        EXPORTING  
            im_lista_arcos = r_arco_novo.  
* Obter lista de rotas atuais  
    CALL METHOD im_controlador->obter_lista_rota_atuais  
        IMPORTING  
            ex_lista_rotas_atuais = lt_lista_rotas_atuais.  
* Obter as rotas atuais  
    LOOP AT lt_lista_rotas_atuais INTO r_rota.
```

```
*      Considerar rota pertencente à rota 1
CALL METHOD r_rota->comparar
EXPORTING
    im_rota    = rota1
RECEIVING
    re_result = l_result1.
*      Considerar rota pertencente à rota 2
CALL METHOD r_rota->comparar
EXPORTING
    im_rota    = rota2
RECEIVING
    re_result = l_result2.
*      Retirar arco ecop1->sede
IF l_result1 = 1.
    CALL METHOD r_nova_rota->copiar_arcos
    EXPORTING
        im_rota = r_rota.
    CALL METHOD r_nova_rota->apagar_arco
    EXPORTING
        im_arco = r_arco_ecop1_sede.
    CALL METHOD im_controlador->apagar_rota_lista_r_atuais
    EXPORTING
        im_rota = r_rota.
ENDIF.
*      Retirar arco sede->ecop2
IF l_result2 = 1.
    CALL METHOD r_nova_rota->copiar_arcos
    EXPORTING
        im_rota = r_rota.
    CALL METHOD r_nova_rota->apagar_arco
    EXPORTING
        im_arco = r_arco_sede_ecop2.
    CALL METHOD im_controlador->apagar_rota_lista_r_atuais
    EXPORTING
        im_rota = r_rota.
ENDIF.
*      Incluir rota com exeção das rotas em fusao
IF l_result1 = 0 AND l_result2 = 0.
    APPEND r_rota TO lista_rotas.
ENDIF.
ENDLOOP.
APPEND r_nova_rota TO lista_rotas.
nova_rota = r_nova_rota.
ENDMETHOD.                                "efetuar_juncao
```

OBTER\_ATRIBUTOS

Descrição: Obter atributos da juncao

Mét.instância

Parâmetro exportaç.

- VALUE(EX\_N\_JUNCAO) TYPE I
- EX\_N\_ROTAA1 TYPE REF TO ZCL\_TM\_ROTAA (Rota)
- EX\_N\_ROTAA2 TYPE REF TO ZCL\_TM\_ROTAA (Rota)
- EX\_N\_ARCOA1 TYPE REF TO ZCL\_TM\_ARCOA (Arco de uma rota)

EX\_N\_ARCO2 TYPE REF TO ZCL\_TM\_ARCO (Arco de uma rota)  
EX\_CAPACIDADE TYPE NETWR (Valor líquido na moeda do documento)  
EX\_N\_NOVA\_ROTA TYPE REF TO ZCL\_TM\_ROTA (Rota)

METHOD obter\_atributos.  
    ex\_n\_juncao      = n\_juncao.  
    ex\_n\_rotal      = rota1.  
    ex\_n\_rota2      = rota2.  
    ex\_n\_arco1      = arco1.  
    ex\_n\_arco2      = arco2.  
    ex\_capacidade   = capacidade\_utilizada.  
    ex\_n\_nova\_rota  = nova\_rota.  
ENDMETHOD.

OBTER\_LISTA\_ROTAS

Descrição: Obter lista de rotas depois da junção  
Mét.instância

Parâmetro exportaç.

EX\_LISTA\_ROTAS TYPE ZTM\_LISTA\_ROTAS (Lista de rotas atuais)

METHOD obter\_lista\_rotas.  
    ex\_lista\_rotas = lista\_rotas.  
ENDMETHOD.

Métodos privados

OBTER\_SEDE

Descrição: Obter o ecoponto sede  
Mét.instância

METHOD obter\_sede.  
    DATA: ls\_sede TYPE zgetm\_ecopontos.  
\* Obter sede  
\* Dados da sede  
    SELECT SINGLE \*  
        FROM zgetm\_ecopontos  
        INTO ls\_sede  
        WHERE codigo = 99999.  
\* Criar objeto sede  
    CREATE OBJECT ecoponto\_sede  
        EXPORTING  
            im\_ecoponto      = ls\_sede  
            im\_nivel\_enchimento = 0.  
ENDMETHOD.

Métodos redefinidos

Tipos locais

\*\*\* use this source file for any type declarations (class  
\*\*\* definitions, interfaces or data types) you need for method  
\*\*\* implementation or private method's signature

Definições classes locais

\*\*\* local class implementation for public class  
\*\*\* use this source file for the implementation part of  
\*\*\* local helper classes

**Macros**

\*\*\* use this source file for any macro definitions you need  
\*\*\* in the implementation part of the class

## Síntese

<b>Características</b>	<b>1</b>
<b>Atributos</b>	<b>1</b>
Atributos privados	1
<b>Métodos</b>	<b>1</b>
Métodos públicos	1
CONSTRUCTOR	1
PREPARAR_JUNCAO	2
TROCAR_ROTAS	3
EFETUAR_JUNCAO	4
OBTER_ATRIBUTOS	5
OBTER_LISTA_ROTAS	6
Métodos privados	6
OBTER_SEDE	6
Métodos redefinidos	6
<b>Tipos locais</b>	<b>6</b>
<b>Definições classes locais</b>	<b>6</b>
<b>Macros</b>	<b>7</b>

# Classe: ZCL\_TM\_CTR\_CLARKE\_WRIGHT

Status: Ativo

## Características

Descrição: Controlador CLARKE\_WRIGHT

Geração instância: Público

Final

Não liberado

Aritmética em ponto fixo

Categoria: Tipo de objeto geral

Pacote: ZGETM

Idioma original: PT

Criado por: AAZEVEDO

Data de criação: 02.11.2011

## Atributos

### Atributos privados

Atributo	Tp.	Descrição
Tipo ref.		Val.inicial
LISTA_SAVINGS	Mant	Lista dos savings
CTG. ZTM_LISTA_SAVINGS		
LISTA_JUNCOES	Mant	Lista das junções efetuadas
CTG. ZTM_LISTA_JUNCOES		
LISTA_ECOPONTOS	Mant	Lista dos ecopontos existentes
CTG. ZTM_LISTA_ECOPONTOS		
LISTA_ROTAS_ATUAIS	Mant	Lista das rotas atuais
CTG. ZTM_LISTA_ROTAS_ATUAIS		
TOTAL_JUNCOES	Mant	Total de junções de rotas
CTG. I		
CAPACIDADE_VIAT	Mant	Capacidade das viaturas
CTG. ZTM_QUANTIDADES		20
ECOPONTO_SEDE	Mant	Ecoponto
CTG.REF.A ZCL_TM_ECOPONTO		
TOTAL_ROTAS	Mant	Nº total de rotas
CTG. I		
LISTA_ROTAS_SOLUCAO	Mant	
MANT		
LISTA_ROTAS_INICIAL	Mant	
MANT		
DIA_SEMANA	Mant	Dia da semana
CTG. CHAR1		
DIA	Mant	dia a que se refere o controlador
CTG. DATS		

Atributo Tipo ref.	Tp.	Descrição Val.inicial
FILEIRA CTG. CHAR10	Mant	Fileira
DISTANCIA_MAXIMA CTG. I	Mant	Distância máxima permitida entre epontos
ENCHIMENTO_MINIMO CTG. I	Mant	% de enchimento mínimo a partir do qual será ignorada a dist

## Métodos

### Métodos públicos

#### CONSTRUCTOR

Descrição: CONSTRUCTOR

Mét.instância

```
METHOD constructor.  
    CALL METHOD obter_sede  
    IMPORTING  
        ecoponto_sede = ecoponto_sede.  
ENDMETHOD.
```

#### NOVO\_ECOPONTO

Descrição: Novo ecoponto

Mét.instância

##### Parâmetro importaç.

IM\_ECOPONTO TYPE REF TO ZCL\_TM\_ECOPONTO (Ecoponto)

```
METHOD novo_ecoponto.  
    APPEND im_ecoponto TO lista_ecopontos.  
ENDMETHOD.
```

#### OBTER\_SEDE

Descrição: Obter sede

Mét.instância

##### Parâmetro exportaç.

ECOPONTO\_SEDE TYPE REF TO ZCL\_TM\_ECOPONTO (Ecoponto sede)

```
METHOD obter_sede.  
    DATA: ls_sede TYPE zgetm_ecopontos.  
* Obter sede  
* Dados da sede  
    SELECT SINGLE *  
        FROM zgetm_ecopontos  
        INTO ls_sede  
        WHERE codigo = 99999.  
* Criar objeto sede  
    CREATE OBJECT ecoponto_sede  
    EXPORTING
```

```

        im_ecoponto          = ls_sede
        im_nivel_enchimento = 0.
ENDMETHOD.
```

CRIAR\_ROTAS\_INICIAIS

Descrição: Criar rotas iniciais

Mét.instância

```

METHOD criar_rotas_iniciais.
    DATA: r_ecoponto TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.
    DATA: r_rota TYPE REF TO zcl_tm_rota.
    DATA: l_cap TYPE netwr.
    DATA: l_enchimento TYPE i.
    DATA: l_capacidade TYPE ztm_quantidades.
    DATA: r_arco TYPE REF TO zcl_tm_arco.
    DATA: l_relevante(1).
*   Construir rotas com apenas um ecoponto cada
    LOOP AT lista_ecopontos INTO r_ecoponto.
*       Considerar apenas se o ecoponto for relevante
        CALL METHOD r_ecoponto->obter_relevancia
            RECEIVING
                re_relevante = l_relevante.
        IF l_relevante = ''.
            CONTINUE.
        ENDIF.
        CALL METHOD incrementar_total_rotas.
*       Calculo da capacidade
        CALL METHOD r_ecoponto->obter_enchimento
            IMPORTING
                ex_enchimento = l_enchimento.
        CALL METHOD r_ecoponto->obter_capacidade
            RECEIVING
                re_capacidade = l_capacidade.
        l_cap = l_capacidade * l_enchimento / 100.
*       Criar rota
        CREATE OBJECT r_rota
            EXPORTING
                im_n_rota          = total_rotas
                im_capacidade_utilizada = l_cap.
*       Criar arcos
        CREATE OBJECT r_arco
            EXPORTING
                im_ecop_ant = ecoponto_sede
                im_ecop_seg = r_ecoponto.
*       Incluir novo arco
        CALL METHOD r_rota->novo_arco
            EXPORTING
                im_lista_arcos = r_arco.
*       Criar arcos
        CREATE OBJECT r_arco
            EXPORTING
                im_ecop_ant = r_ecoponto
                im_ecop_seg = ecoponto_sede.
*       Incluir novo arco
```



```
CALL METHOD r_rota->novo_arco
EXPORTING
    im_lista_arcos = r_arco.
APPEND r_rota TO lista_rotas_atuais.
APPEND r_rota TO lista_rotas_inicial.
ENDLOOP.
ENDMETHOD.
```

INCREMENTAR\_TOTAL\_ROTAS

Descrição: Incrementar uma unidade ao total de rotas  
Mét.instância

```
METHOD incrementar_total_rotas.
    ADD 1 TO total_rotas.
ENDMETHOD.
```

OBTER\_SAVINGS

Descrição: Obter lista de savings com base nos ecopontos existentes  
Mét.instância

```
METHOD obter_savings.
    FIELD-SYMBOLS: <eco> LIKE LINE OF lista_ecopontos.
    FIELD-SYMBOLS: <eco2> LIKE LINE OF lista_ecopontos.
    DATA: l_contador TYPE i.
    DATA: ls_ecop1 TYPE zgetm_ecopontos.
    DATA: ls_ecop2 TYPE zgetm_ecopontos.
    DATA: ls_sav LIKE LINE OF lista_savings.
    DATA: l_relevante(1).
    DATA: l_nivel_enchimento1 TYPE i.
    DATA: l_nivel_enchimento2 TYPE i.
    DATA: l_distancia_afast TYPE i.
    DATA: l_enchimento_afast TYPE i.
* Obter parametros
CALL METHOD obter_distancia_max
    receiving
        re_distancia_max = l_distancia_afast.
CALL METHOD obter_ench_min
    receiving
        re_ench_min = l_enchimento_afast.
LOOP AT lista_ecopontos ASSIGNING <eco>.
* Considerar apenas se o ecoponto for relevante
CALL METHOD <eco>->obter_relevancia
    RECEIVING
        re_relevante = l_relevante.
CHECK l_relevante = 'X'.
l_contador = sy-tabix + 1.
LOOP AT lista_ecopontos ASSIGNING <eco2> FROM l_contador.
* Considerar apenas se o ecoponto for relevante
CALL METHOD <eco2>->obter_relevancia
    RECEIVING
        re_relevante = l_relevante.
CHECK l_relevante = 'X'.
CALL METHOD <eco>->obter_atributos
    IMPORTING
```

```

        ecoponto_atributos = ls_ecop1.
CALL METHOD <eco2>->obter_atributos
    IMPORTING
        ecoponto_atributos = ls_ecop2.
ls_sav-ecop_ant_cod = ls_ecop1-codigo.
ls_sav-ecop_seg_cod = ls_ecop2-codigo.
CALL METHOD calcular_custo_saving
    EXPORTING
        im_ecop_ant      = <eco>
        im_ecop_seg      = <eco2>
    IMPORTING
        ex_custo          = ls_sav-custo
        ex_tempo          = ls_sav-tempo
        ex_ecop_ant_sede  = ls_sav-ecop_ant_sede
        ex_ecop_seg_sede  = ls_sav-ecop_seg_sede
        ex_ecop_ant_seg   = ls_sav-ecop_ant_seg.
ls_sav-r_ecop_ant = <eco>.
ls_sav-r_ecop_seg = <eco2>.
* Converter para minutos
ls_sav-tempo = ls_sav-tempo / 60.
* Apenas considerar arcos validos, ou seja que se saiba a distância entre eles
IF ls_sav-custo IS NOT INITIAL.
* Excluir ecopontos que distem entre sí a mais de 5km e que tenham nivel de
enchimento inferior a 90%
    CALL METHOD <eco2>->obter_enchimento
        IMPORTING
            ex_enchimento = l_nivel_enchimento1.
    CALL METHOD <eco>->obter_enchimento
        IMPORTING
            ex_enchimento = l_nivel_enchimento2.
    IF ls_sav-ecop_ant_seg < l_distancia_afast OR ( ls_sav-ecop_ant_seg >=
l_distancia_afast AND l_nivel_enchimento1 >= l_ench
        APPEND ls_sav TO lista_savings.
    ENDIF.
ENDIF.
ENDLOOP.
ENDLOOP.
    SORT lista_savings BY custo DESCENDING.
ENDMETHOD.
```

CALCULAR\_CUSTO\_SAVING

Descrição: Calcular custo para um saving

Mét.instância

Parâmetro importaç.

- IM\_ECOP\_ANT TYPE REF TO ZCL\_TM\_ECOPONTO (Ecoponto)
- IM\_ECOP\_SEG TYPE REF TO ZCL\_TM\_ECOPONTO (Ecoponto)

Parâmetro exportaç.

- EX\_CUSTO TYPE ZTM\_CUSTO (Custo)
- EX\_TEMPO TYPE ZTM\_TEMPO (Tempo entre cada ecoponto)
- EX\_ECOP\_ANT\_SEDE TYPE ZTM\_CUSTO (Distância entre o ecop ant e a sede)
- EX\_ECOP\_SEG\_SEDE TYPE ZTM\_CUSTO (Distância entre o ecop seg e a sede)
- EX\_ECOP\_ANT\_SEG TYPE ZTM\_CUSTO (Distância entre o ecop ant e o seg)

```
METHOD calcular_custo_saving.  
  DATA: r_arco1 TYPE REF TO zcl_tm_arco.  
  DATA: r_arco2 TYPE REF TO zcl_tm_arco.  
  DATA: r_arco3 TYPE REF TO zcl_tm_arco.  
  DATA: l_custo1 TYPE ztm_custo.  
  DATA: l_custo2 TYPE ztm_custo.  
  DATA: l_custo3 TYPE ztm_custo.  
  DATA: l_tempo1 TYPE ztm_tempo.  
  DATA: l_tempo2 TYPE ztm_tempo.  
  DATA: l_tempo3 TYPE ztm_tempo.  
  CREATE OBJECT r_arco1  
    EXPORTING  
      im_ecop_ant = im_ecop_ant  
      im_ecop_seg = im_ecop_seg.  
  CREATE OBJECT r_arco2  
    EXPORTING  
      im_ecop_ant = im_ecop_ant  
      im_ecop_seg = ecoponto_sede.  
  CREATE OBJECT r_arco3  
    EXPORTING  
      im_ecop_ant = ecoponto_sede  
      im_ecop_seg = im_ecop_seg.  
  CALL METHOD r_arco1->obter_custo  
    IMPORTING  
      ex_custo = l_custo1.  
  CALL METHOD r_arco2->obter_custo  
    IMPORTING  
      ex_custo = l_custo2.  
  CALL METHOD r_arco3->obter_custo  
    IMPORTING  
      ex_custo = l_custo3.  
  CALL METHOD r_arco1->obter_tempo  
    IMPORTING  
      ex_tempo = l_tempo1.  
  CALL METHOD r_arco2->obter_tempo  
    IMPORTING  
      ex_tempo = l_tempo2.  
  CALL METHOD r_arco3->obter_tempo  
    IMPORTING  
      ex_tempo = l_tempo3.  
  ex_custo = l_custo2 + l_custo3 - l_custo1.  
  ex_tempo = l_tempo2 + l_tempo3 - l_tempo1.  
  ex_ecop_ant_sede = l_custo2.  
  ex_ecop_seg_sede = l_custo3.  
  ex_ecop_ant_seg  = l_custo1.  
ENDMETHOD.
```

CALCULAR\_ROTAS

Descrição: Calcular rotas  
Mét.instância

```
METHOD calcular_rotas.  
  FIELD-SYMBOLS: <sav> LIKE LINE OF lista_savings.  
  FIELD-SYMBOLS: <rota> TYPE REF TO zcl_tm_rota.
```

```
DATA: r_arco1 TYPE REF TO zcl_tm_arco.
DATA: r_arco2 TYPE REF TO zcl_tm_arco.
DATA: r_rotal TYPE REF TO zcl_tm_rota.
DATA: r_rota2 TYPE REF TO zcl_tm_rota.
DATA: l_capacidade_utilizada1 TYPE netwr.
DATA: l_capacidade_utilizada2 TYPE netwr.
DATA: l_capacidade_nova TYPE netwr.
DATA: r_juncao_rotas TYPE REF TO zcl_tm_juncao_rotas.
LOOP AT lista_savings ASSIGNING <sav>.
  CLEAR r_arco1.
  CLEAR r_arco2.
  CLEAR r_rotal.
  CLEAR r_rota2.
*  Obter rota em que o ecoponto1 é interior
  CALL METHOD obter_rota
    EXPORTING
      im_ecoponto      = <sav>-r_ecop_ant
      im_rota_diferente = r_rotal
    IMPORTING
      ex_arco          = r_arco1
      ex_rota          = r_rotal.
*  Obter rota em que o ecoponto2 é interior
  CALL METHOD obter_rota
    EXPORTING
      im_ecoponto      = <sav>-r_ecop_seg
      im_rota_diferente = r_rotal
    IMPORTING
      ex_arco          = r_arco2
      ex_rota          = r_rota2.
*  Analisar capacidades
  IF NOT r_arco1 IS INITIAL AND NOT r_arco2 IS INITIAL.
    CALL METHOD r_rotal->obter_capacidade_utilizada
      IMPORTING
        ex_capacidade_utilizada = l_capacidade_utilizada1.
    CALL METHOD r_rota2->obter_capacidade_utilizada
      IMPORTING
        ex_capacidade_utilizada = l_capacidade_utilizada2.
    l_capacidade_nova = l_capacidade_utilizada1 + l_capacidade_utilizada2.
    IF l_capacidade_nova <= capacidade_viat.
      ADD 1 TO total_juncoes.
*  Se capacidade disponível fazer o merge das rotas
  CREATE OBJECT r_juncao_rotas
    EXPORTING
      im_rotal      = r_rotal
      im_rota2      = r_rota2
      im_ecoponto1  = <sav>-r_ecop_ant
      im_ecoponto2  = <sav>-r_ecop_seg
      im_capacidade = l_capacidade_nova
      im_arco1      = r_arco1
      im_arco2      = r_arco2
      im_n_juncao    = total_juncoes.
  CALL METHOD r_juncao_rotas->efetuar_juncao
    EXPORTING
      im_controlador = me.
```

```
        APPEND r_juncao_rotas TO lista_juncoes.  
        CALL METHOD atualizar_lista_rotas_atuais  
            EXPORTING  
                im_juncao = r_juncao_rotas.  
    ENDIF.  
ENDIF.  
ENDLOOP.  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_ROTA

Descrição: Obter rota

Mét.instância

Parâmetro importaç.

```
IM_ECOPONTO TYPE REF TO ZCL_TM_ECOPONTO (Ecoponto)  
IM_ROTA_DIFERENTE TYPE REF TO ZCL_TM_ROTA (Diferente desta rota)
```

Parâmetro exportaç.

```
EX_ARCO TYPE REF TO ZCL_TM_ARCO (Arco de uma rota)  
EX_ROTA TYPE REF TO ZCL_TM_ROTA (Rota)
```

```
METHOD obter_rota.  
    FIELD-SYMBOLS: <rota> TYPE REF TO zcl_tm_rota.  
    DATA: l_result TYPE i.  
    LOOP AT lista_rotas_atuais ASSIGNING <rota>.  
        CALL METHOD <rota>->comparar  
            EXPORTING  
                im_rota      = im_rota_diferente  
            RECEIVING  
                re_result = l_result.  
        IF l_result = 0.  
            CALL METHOD <rota>->arco_ecoponto_interior  
                EXPORTING  
                    im_ecoponto1 = im_ecoponto  
                    im_ecoponto2 = ecoponto_sede  
                IMPORTING  
                    ex_arco      = ex_arco.  
            IF NOT ex_arco IS INITIAL.  
                ex_rota = <rota>.  
                EXIT.  
            ENDIF.  
        ENDIF.  
    ENDLOOP.  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_TOTAL\_ROTAS

Descrição: Obter o número total de rotas

Mét.instância

Parâmetro exportaç.

```
EX_N_TOTAL_ROTAS TYPE I
```

```
METHOD obter_total_rotas.  
    EX_N_TOTAL_ROTAS = total_rotas .  
ENDMETHOD.
```

ATUALIZAR\_LISTA\_ROTAS\_ATUAIS

Descrição: Atualizar lista de rotas com base na nova fusão  
Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_JUNCAO TYPE REF TO ZCL\_TM\_JUNCAO\_ROTAS (Junção de duas rotas)

```
METHOD atualizar_lista_rotas_atuais.  
  DATA: r_rota TYPE REF TO zcl_tm_rota.  
  DATA: lt_lista_rotas TYPE ztm_lista_rotas.  
  CLEAR lista_rotas_atuais.  
  * Obter lista de rotas da junção  
  CALL METHOD im_juncao->obter_lista_rotas  
    IMPORTING  
      ex_lista_rotas = lt_lista_rotas.  
  LOOP AT lt_lista_rotas INTO r_rota.  
    APPEND r_rota TO lista_rotas_atuais.  
  ENDLOOP.  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_LISTA\_ROTA\_ATUAIS

Descrição: Obter a lista das rotas atuais  
Mét.instância

Parâmetro exportaç.

EX\_LISTA\_ROTAS\_ATUAIS TYPE ZTM\_LISTA\_ROTAS\_ATUAIS (Lista de rotas atuais)

```
METHOD obter_lista_rota_atuais.  
  ex_lista_rotas_atuais[] = lista_rotas_atuais[].  
ENDMETHOD.
```

APAGAR\_ROTA\_LISTA\_R\_ATUAIS

Descrição: Apagar rota da lista de rotas atuais  
Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_ROTA TYPE REF TO ZCL\_TM\_ROTA (Rota)

```
METHOD apagar_rota_lista_r_atuais.  
  DATA: r_rota TYPE REF TO zcl_tm_rota.  
  DATA: l_result TYPE i.  
  LOOP AT lista_rotas_atuais INTO r_rota.  
    CALL METHOD r_rota->comparar  
      EXPORTING  
        im_rota = im_rota  
      RECEIVING  
        re_result = l_result.  
    IF l_result = 1.  
      DELETE lista_rotas_atuais.  
    ENDIF.  
  ENDLOOP.  
ENDMETHOD.
```

**OBTER\_LISTA\_ECOPONTOS**

Descrição: Obter lista de ecopontos  
Mét.instância

```
Parâmetro exportaç.  
    EX_LISTA_ECOPONTOS TYPE ZTM_LISTA_ECOPONTOS (Lista de ecopontos)  
  
METHOD obter_lista_ecopontos.  
    ex_lista_ecopontos = lista_ecopontos.  
ENDMETHOD.
```

**OBTER\_LISTA\_JUNCOES**

Descrição: Obter lista de junções  
Mét.instância

```
Parâmetro exportaç.  
    EX_LISTA_JUNCOES TYPE ZTM_LISTA_JUNCOES (Lista de junções)  
  
METHOD obter_lista_juncoes.  
    ex_lista_juncoes = lista_juncoes.  
ENDMETHOD.
```

**OBTER\_LISTA\_SAVINGS**

Descrição: Obter lista dos savings  
Mét.instância

```
Parâmetro exportaç.  
    EX_LISTA_SAVINGS TYPE ZTM_LISTA_SAVINGS (Lista de savings)  
  
METHOD obter_lista_savings.  
    ex_lista_savings = lista_savings.  
ENDMETHOD.
```

**INICIALIZAR**

Descrição: Inicializar dados para recomear  
Mét.instância

```
METHOD inicializar.  
    CLEAR:  
        lista_savings[],  
        lista_juncoes[],  
        lista_rotas_atuais[],  
        total_juncoes,  
        total_rotas,  
        lista_rotas_solucao[],  
        lista_rotas_inicial[].  
ENDMETHOD.
```

**OBTER\_TOTAL\_JUNCOES**

Descrição: Obter número de junções  
Mét.instância

```
Parâmetro exportaç.  
    EX_TOTAL_JUNCOES TYPE I (TOTAL_JUNCOES)
```

```
METHOD obter_total_juncoes.  
    ex_total_juncoes = total_juncoes.  
ENDMETHOD.
```

ALTERAR\_CAPACIDADE\_VIATURA

Descrição: Alterar capacidade da viatura

Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_CAPACIDADE TYPE I

```
METHOD alterar_capacidade_viatura.  
    capacidade_viat = im_capacidade.  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_TOTAL\_ECOP

Descrição: Obtem numero total de ecopontos da solução final (sem sede)

Mét.instância

Parâmetro retorno

VALUE(RE\_N\_ECOPONTOS) TYPE I

```
METHOD obter_total_ecop.  
    DATA: r_rota TYPE REF TO zcl_tm_rota.  
    DATA: l_contador TYPE i.  
    LOOP AT lista_rotas_atuais INTO r_rota.  
        CALL METHOD r_rota->obter_n_ecopontos  
            RECEIVING  
                re_n_ecopontos = l_contador.  
        re_n_ecopontos = re_n_ecopontos + l_contador - 1.  
    ENDLOOP.  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_TEMPO

Descrição: Obter duração total das rotas

Mét.instância

Parâmetro retorno

VALUE(RE\_TEMPO) TYPE ZTM\_TEMPO (Duração total de todas as rotas)

```
METHOD obter_tempo.  
    DATA: r_rota TYPE REF TO zcl_tm_rota.  
    DATA: l_contador TYPE i.  
    LOOP AT lista_rotas_atuais INTO r_rota.  
        CALL METHOD r_rota->obter_tempo_estimado  
            IMPORTING  
                ex_tempo_estimado = l_contador.  
        re_tempo = re_tempo + l_contador.  
    ENDLOOP.  
ENDMETHOD.
```

DEFINIR\_DIA

Descrição: Definir dia

Mét.instância



Parâmetro importaç.

IM\_DIA TYPE DATS (Data em formato CHAR)

```
method DEFINIR_DIA.  
    dia = im_dia.  
endmethod.
```

DEFINIR\_DIA\_SEMANA

Descrição: Definir dia da semana  
Mét.instância

Parâmetro importaç.

IM\_DIA\_SEMANA TYPE CHAR1 (Código de uma posição)

```
method DEFINIR_DIA_SEMANA.  
    dia_semana = IM_DIA_SEMANA.  
endmethod.
```

OBTER\_DIA

Descrição: Obter dia  
Mét.instância

Parâmetro retorno

VALUE(RE\_DIA) TYPE DATS (Data em formato CHAR)

```
METHOD obter_dia.  
    re_dia = dia.  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_DIA\_SEMANA

Descrição: Obter dia da semana  
Mét.instância

Parâmetro retorno

VALUE(RE\_DIA\_SEMANA) TYPE CHAR1 (Código de uma posição)

```
method OBTER_DIA_SEMANA.  
    re_dia_semana = dia_semana.  
endmethod.
```

DEFINIR\_FILEIRA

Descrição: Definir a fileira  
Mét.instância

Parâmetro importaç.

VALUE(IM\_FILEIRA) TYPE CHAR10 (Campo de caracteres do comprimento 10)

```
METHOD definir_fileira.  
    fileira = im_fileira.  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_FILEIRA

Descrição: Obter fileira  
Mét.instância

Parâmetro retorno

VALUE(RE\_FILEIRA) TYPE CHAR10 (Campo de caracteres do comprimento 10)

method OBTER\_FILEIRA.  
re\_fileira = fileira.  
endmethod.

OBTER\_ROTAS\_EXISTENTES

Descrição: Obter rotas já aprovadas ou realizadas

Mét.instância

```
METHOD obter_rotas_existentes.  
  DATA: lt_rec_reais TYPE TABLE OF zgetm_rec_reais .  
  DATA: ls_rec_reais TYPE zgetm_rec_reais.  
  DATA: lt_rec_item TYPE TABLE OF zgetm_rec_item .  
  DATA: ls_rec_item TYPE zgetm_rec_item.  
  DATA: r_ecoponto1 TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.  
  DATA: r_ecoponto2 TYPE REF TO zcl_tm_ecoponto.  
  DATA: r_arco TYPE REF TO zcl_tm_arco.  
  DATA: r_rota TYPE REF TO zcl_tm_rota.  
  DATA: ls_zgetm_ecopontos TYPE zgetm_ecopontos.  
* Obter rotas do dia em análise  
  SELECT *  
    FROM zgetm_rec_reais AS cab  
    INTO TABLE lt_rec_reais  
    WHERE  
      cab~fileira = fileira AND  
      cab~data_recolha = dia.  
  SELECT *  
    FROM zgetm_rec_item AS item  
    INTO TABLE lt_rec_item  
    WHERE  
      item~fileira = fileira AND  
      item~data_recolha = dia.  
  LOOP AT lt_rec_reais INTO ls_rec_reais.  
    CREATE OBJECT r_rota  
      EXPORTING  
        im_n_rota          = ls_rec_reais-codigo  
        im_capacidade_utilizada = 0.  
    CALL METHOD r_rota->definir_status  
      EXPORTING  
        im_status = ls_rec_reais-status.  
    CALL METHOD r_rota->definir_enchimento_prev  
      EXPORTING  
        im_enchimento_prev = ls_rec_reais-enchim_esp.  
    LOOP AT lt_rec_item  
      INTO ls_rec_item  
        WHERE  
          codigo          = ls_rec_reais-codigo.  
    SELECT SINGLE * FROM zgetm_ecopontos  
      INTO ls_zgetm_ecopontos  
        WHERE codigo = ls_rec_item-cod_ecop1.  
    CREATE OBJECT r_ecoponto1  
      EXPORTING
```

```

        im_ecoponto          = ls_zgetm_ecopontos
        im_nivel_enchimento = 0.
SELECT SINGLE * FROM zgetm_ecopontos
        INTO ls_zgetm_ecopontos
        WHERE codigo = ls_rec_item-cod_ecop2.
CREATE OBJECT r_ecoponto2
EXPORTING
        im_ecoponto          = ls_zgetm_ecopontos
        im_nivel_enchimento = 0.
CALL METHOD r_ecoponto2->definir_recolhido
EXPORTING
        im_recolhido = ls_rec_item-recolhido.
CREATE OBJECT r_arco
EXPORTING
        im_ecop_ant = r_ecoponto1
        im_ecop_seg = r_ecoponto2.
CALL METHOD r_rota->novo_arco
EXPORTING
        im_lista_arcos = r_arco.
ENDLOOP.
APPEND r_rota TO lista_rotas_atuais.
ENDLOOP.
ENDMETHOD.
```

OBTER\_CUSTO

Descrição: Obter custo (kms) percorridos  
Mét.instância

Parâmetro retorno

```
VALUE(RE_CUSTO) TYPE ZTM_CUSTO
```

```
METHOD obter_custo.
DATA: r_rota TYPE REF TO zcl_tm_rota.
DATA: l_contador TYPE ztm_custo.
LOOP AT lista_rotas_atuais INTO r_rota.
CALL METHOD r_rota->obter_custo_estimado
IMPORTING
        ex_custo_estimado = l_contador.
re_custo = re_custo + l_contador.
ENDLOOP.
ENDMETHOD.
```

OBTER\_M3

Descrição: Obter volume recolhido  
Mét.instância

Parâmetro retorno

```
VALUE(RE_M3) TYPE NETWR (M3 recolhidos)
```

```
METHOD obter_m3.
DATA: r_rota TYPE REF TO zcl_tm_rota.
DATA: l_contador TYPE netwr.
LOOP AT lista_rotas_atuais INTO r_rota.
CALL METHOD r_rota->obter_capacidade_utilizada
IMPORTING
```

```
        ex_capacidade_utilizada = l_contador.  
        re_m3 = re_m3 + l_contador.  
    ENDLOOP.  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_DISTANCIA\_MAX

Descrição: Obter distância máxima entre ecopontos  
Mét.instância

**Parâmetro retorno**  
VALUE(RE\_DISTANCIA\_MAX) TYPE I

```
METHOD obter_distancia_max.  
    re_distancia_max = distancia_maxima.  
ENDMETHOD.
```

DEFINIR\_DISTANCIA\_MAX

Descrição: Definir distância máxima entre ecopontos  
Mét.instância

**Parâmetro importaç.**  
IM\_DISTANCIA\_MAX TYPE I

```
METHOD definir_distancia_max.  
    distancia_maxima = im_distancia_max .  
ENDMETHOD.
```

OBTER\_ENCH\_MIN

Descrição: Obter enchimento min a partir do qual ecop serão incluídos  
Mét.instância

**Parâmetro retorno**  
VALUE(RE\_ENCH\_MIN) TYPE I

```
METHOD obter_ench_min.  
    re_ench_min = enchimento_minimo.  
ENDMETHOD.
```

DEFINIR\_ENCH\_MIN

Descrição: Definir enchimento min a partir do qual ecop serão incluídos  
Mét.instância

**Parâmetro importaç.**  
IM\_ENCH\_MIN TYPE I

```
METHOD definir_ench_min.  
    enchimento_minimo = im_ench_min.  
ENDMETHOD.
```

Métodos redefinidos

Tipos locais

```
*** use this source file for any type declarations (class  
*** definitions, interfaces or data types) you need for method
```

\*\*\* implementation or private method's signature

**Definições classes locais**

\*\*\* local class implementation for public class

\*\*\* use this source file for the implementation part of

\*\*\* local helper classes

**Macros**

\*\*\* use this source file for any macro definitions you need

\*\*\* in the implementation part of the class

Síntese

Características	1
Atributos	1
Atributos privados	1
Métodos	2
Métodos públicos	2
CONSTRUCTOR	2
NOVO_ECO PONTO	2
OBT ER_SEDE	2
CRIAR_ROTAS_INICIAIS	3
INCREMENTAR_TOTAL_ROTAS	4
OBT ER_SAVINGS	4
CALCULAR_CUSTO_SAVING	5
CALCULAR_ROTAS	6
OBT ER_ROTA	8
OBT ER_TOTAL_ROTAS	8
ATUALIZAR_LISTA_ROTAS_ATUAIS	9
OBT ER_LISTA_ROTA_ATUAIS	9
APAGAR_ROTA_LISTA_R_ATUAIS	9
OBT ER_LISTA_ECO PONTOS	9
OBT ER_LISTA_JUNCOES	10
OBT ER_LISTA_SAVINGS	10
INICIALIZAR	10
OBT ER_TOTAL_JUNCOES	10
ALTERAR_CAPACIDADE_VIATURA	11
OBT ER_TOTAL_ECOP	11
OBT ER_TEMPO	11
DEFINIR_DIA	11
DEFINIR_DIA_SEMANA	12
OBT ER_DIA	12
OBT ER_DIA_SEMANA	12
DEFINIR_FILEIRA	12
OBT ER_FILEIRA	12
OBT ER_ROTAS_EXISTENTES	13
OBT ER_CUSTO	14
OBT ER_M3	14
OBT ER_DISTANCIA_MAX	15
DEFINIR_DISTANCIA_MAX	15
OBT ER_ENCH_MIN	15
DEFINIR_ENCH_MIN	15
Métodos redefinidos	15
Tipos locais	15
Definições classes locais	16
Macros	16